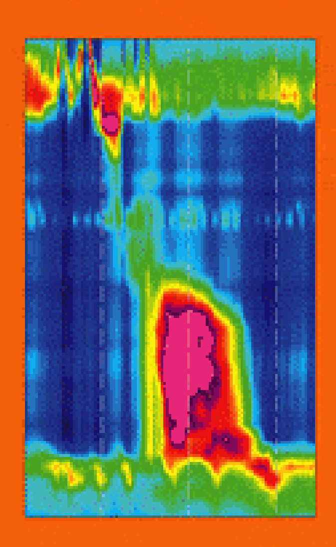
Les Explorations fonctionnelles digestives

Frank Zerbib
Michel Dapoigny





MASSON

Les Explorations fonctionnelles digestives

Chez le même éditeur

Traité des maladies de l'anus et du rectum, par L. Siproudhis, Y. Panis, M.-A. Bigard. 2007, 480 pages.

Chirurgie du tube digestif haut, par J.-P. Triboulet. *Techniques chirurgicales : Digestif.* 2007, 240 pages.

Chirurgie du tube digestif bas, par P. Valleur. *Techniques chirurgicales : Digestif.* 2006, 240 pages.

Imagerie du foie, des voies biliaires et du pancréas, par O. Ernst. *Imagerie médicale : Diagnostic.* 2005, 240 pages.

Traitement médical, endoscopique et chirurgical des maladies du tube digestif, par M.-A. Bigard. 2004, 240 pages.

Guide d'imagerie abdominopelvienne, par L. Arrivé, J.-M. Tubiana. *Imagerie médicale : Formation.* 2004, 264 pages.

Interpréter et traiter les douleurs épigastriques, par M.-A. Bigard. *Consulter/prescrire.* 2003, 192 pages.

Les Explorations fonctionnelles digestives

Frank Zerbib
PU-PH, service d'hépato-gastroentérologie,
Hôpital Saint-André, CHU de Bordeaux

Michel Dapoigny
PU-PH, service d'hépato-gastroentérologie,
CHU de Clermont-Ferrand
Président du GFNG (groupe français de neuro-gastroentérologie)



ELSEVIER
MASSON



ISBN : 978-2-294-70470-3

Elsevier Masson SAS, 62, rue Camille-Desmoulins, 92442 Issy-les-Moulineaux cedex
www.elsevier-masson.fr

Liste des auteurs

Alexandre Aubourg, chef de clinique assistant, service de gastroentérologie, CHU de Tours.

Jean-Pierre Barbieux, praticien hospitalier, service de gastroentérologie, CHU de Tours.

Kafia Belhocine, professeur associé, Institut des maladies de l'appareil digestif, CHU de Nantes.

Stanislas Bruley des Varannes, professeur des universités – praticien hospitalier, Institut des maladies de l'appareil digestif et CIC 04 Inserm, CHU de Nantes.

Benoît Coffin, professeur des universités – praticien hospitalier, service d'hépato-gastroentérologie, hôpital Louis Mourier, Colombes.

Philippe Denis, professeur des universités – praticien hospitalier, Groupe de recherche sur appareil digestif et nutrition EA3234/IFRMP23, hôpital Charles Nicolle, CHU de Rouen.

Henri Damon, praticien attaché, Explorations fonctionnelles digestives, hôpital Édouard Herriot, Hospices civils de Lyon.

Philippe Ducrotté, professeur des universités – praticien hospitalier, département d'hépato-gastroentérologie et de nutrition, ADEN EA 4311/IFRMP 23, hôpital Charles Nicolle, CHU de Rouen.

Astrid Girma, assistante hospitalo-universitaire, service de médecine nucléaire, hôpital de l'Archet, CHU de Nice.

Guillaume Gourcerol, assistant hospitalo-universitaire, service de physiologie digestive et urinaire, ADEN EA 4311/IFRMP 23, hôpital Charles Nicolle, CHU de Rouen.

Pauline Jouët, praticien hospitalier, service d'hépato-gastroentérologie, hôpital Louis Mourier, Colombes.

Anne-Marie Leroi, professeur des universités – praticien hospitalier, Groupe de recherche sur appareil digestif et nutrition EA3234/IFRMP23, CHU de Rouen.

Serge Maïa, praticien hospitalier, unité de radiopharmacie, hôpital Bretonneau, CHU de Tours.

Étienne-Henry Metman, professeur des universités – praticien hospitalier, service de gastroentérologie, CHU de Tours.

François Mion, professeur des universités – praticien hospitalier, Explorations fonctionnelles digestives, hôpital Édouard Herriot, Hospices civils de Lyon.

Lucian Negreanu, praticien hospitalier, service de gastroentérologie, hôpital universitaire de Bucarest (Roumanie).

Frédéric Paycha, maître de conférences des universités – praticien hospitalier, unité de médecine nucléaire, hôpital Louis Mourier, Colombes.

Thierry Piche, praticien hospitalier, service de gastroentérologie et Inserm 895, pôle digestif médico-chirurgical, hôpital Archet II, CHU de Nice.

Philippe Pouderoux, professeur des universités – praticien hospitalier, service d'hépato-gastroentérologie, CHU de Nîmes.

Arabi Ramadan, praticien hospitalier, unité de médecine nucléaire, hôpital Louis Mourier, Colombes.

Sabine Roman, maître de conférences des universités – praticien hospitalier, Explorations fonctionnelles digestives, hôpital Édouard Herriot, Hospices civils de Lyon.

Alain Ropert, praticien hospitalier, Explorations fonctionnelles digestives, hôpital Pontchaillou, CHU de Rennes.

Jean-Marc SABATÉ, praticien hospitalier, service d'hépato-gastroentérologie, hôpital Louis Mourier, Colombes.

Michèle SCAILLON, praticien hospitalier, unité de gastroentérologie et hépatologie, hôpital universitaire des enfants Reine Fabiola, Bruxelles (Belgique).

Radu TUTUIAN, privat docent, service de gastroentérologie, University Clinics for Visceral Surgery and Medicine, Inselspital Bern (Suisse).

Préface

La rédaction de cet ouvrage comble une lacune à laquelle se heurtaient nos jeunes collègues en cours de DES d'hépato-gastroentérologie et les auditeurs du DIU d'explorations fonctionnelles en réunissant dans un seul manuel les connaissances nécessaires à ceux qui souhaitent connaître les techniques d'explorations fonctionnelles digestives. Chacun des chapitres décrit les caractéristiques des matériels nécessaires à l'acquisition des signaux, les conditions de réalisation et la sémiologie des examens, et les apports dans la pratique clinique de ces différentes techniques.

Que d'évolutions technologiques depuis les premières manométries initiées en France par Daniel Couturier et Claude Rozé à Bichat ou Pierre Arhan à Necker ! La technologie des sondes de manométrie utilisées a bien évolué depuis l'époque où leur conception était artisanale, consistant le plus souvent à accoler des cathéters au moyen d'un solvant. Le traitement informatisé du signal a rendu beaucoup plus confortable l'interprétation des examens en raccourcissant la durée d'analyse et a permis des enregistrements simultanés vidéo-manométriques. La capacité sans cesse croissante des supports de stockage numérique a permis le développement des systèmes holter pour étudier par exemple le pH œsophagien. La miniaturisation des capteurs a d'abord été à l'origine de sondes de pH-métrie en verre et en antimoine puis de sondes de pH-impédancemétrie et de mano-impédancemétrie avec références intégrées limitant les artéfacts engendrés par les références externes qui se décollaient, pour aboutir à des sondes manométrie dite haute résolution de quelques millimètres de diamètre enregistrant les pressions simultanément à plus de 30 niveaux.

Cette évolution technologique s'est accompagnée d'une prise de conscience de la nécessité de prévenir la survenue d'infections nosocomiales ou la mauvaise tolérance aux biomatériaux et la lecture des différents chapitres de l'ouvrage montre bien que la sécurité des techniques utilisées est une préoccupation de tous les auteurs de l'ouvrage. La sécurité de la conception de ces sondes est assurée par le marquage CE des dispositifs médicaux et l'utilisation quasi constante de sondes à usage unique. La difficulté de respecter les principes d'hygiène avec les sondes d'électromyographie colique explique que les explorations coliques prolongées chez l'homme se font aujourd'hui par manométrie avec sonde à usage unique. La seule exception actuelle concerne la manométrie haute résolution au moyen de sondes réutilisables sous réserve, bien entendu, de procédures validées de décontamination/désinfection. L'introduction dans la pratique de la manométrie haute résolution est justifiée par l'espoir que cette nouvelle technique permettra d'aboutir au diagnostic étiologique de dysphagies non obtenu par les données d'imagerie, d'endoscopie, de manométrie standard, ou peut être de mano-impédancemétrie. Pour un meilleur confort des patients d'une part, pour se rapprocher au mieux de la physiologie d'autre part, l'idéal serait d'éviter l'introduction de sondes chez les patients et deux chapitres du livre sont consacrés à décrire l'apport de techniques non invasives que sont l'imagerie fonctionnelle et l'analyse de l'hydrogène, du méthane et du carbone 13 dans l'air expiré.

La place de l'exploration fonctionnelle digestive dans la pratique clinique demeure encore limitée aussi bien en France qu'ailleurs en Europe et aux États-Unis. En France, l'exploration fonctionnelle digestive a été reconnue grâce aux efforts de la commission présidée par Raymond Jian au sein de la Société nationale française de gastro-entérologie

qui a permis l'apparition à la CCAM des examens les plus souvent pratiqués. Leurs indications ont été précisées par la rédaction de recommandations pour la pratique clinique concernant la pH-métrie œsophagienne, la manométrie œsophagienne, la manométrie colique et les explorations périnéales en cas d'incontinence anale ou de constipation. Les autres tests ne sont pas moins intéressants comme le montre bien la lecture des chapitres qui leur sont consacrés mais dans l'état actuel des connaissances leurs indications demandent encore à être précisés par des travaux de recherche clinique.

Si l'évolution technologique a été considérable depuis 40 ans, la classification nosologique des troubles fonctionnels digestifs a été d'une remarquable stabilité. Si l'on excepte le reflux gastro-œsophagien qui a été reconnu comme une entité qui l'a fait sortir du « fourre-tout » de la dyspepsie, les classifications n'ont pas évolué depuis des années. On peut penser que cette léthargie nosologique explique pour une part la place encore incertaine de l'exploration fonctionnelle digestive dans la pratique. Beaucoup de données actuelles font espérer un renouveau qui offrirait une place mieux définie aux examens fonctionnels digestifs. La rigueur indispensable à la rédaction des chapitres n'a pas autorisé les auteurs à parler d'indications dont le niveau de preuves est encore faible. L'auteur d'une préface peut se permettre de se projeter dans l'avenir à la lumière des pistes de recherche clinique développées dans les différents chapitres en expliquant ainsi pourquoi ce livre va paraître au bon moment. Par exemple, il est tentant de penser (mais non démontré) que la recherche d'une hypersensibilité rectale par barostat et/ou d'une pullulation microbienne par un test au glucose et/ou l'étude de leur statut méthano-producteur ou non permettrait un phénotypage des malades souffrant d'intestin irritable utile à leur prise en charge. Il est également tentant de penser (mais non démontré) que le concept de « neurogastro-entérologie » pourrait être appliqué à l'interprétation des études de motricité digestive et ne pas rester limité à une notion de *brain-gut axis*, notion élégante faisant l'objet de congrès passionnants, mais toujours pas transférée dans la clinique quotidienne. Par analogie avec la notion de « neurovessie », à un moment où le concept de périnéologie se répand de plus en plus, il serait sans doute utile d'interpréter les résultats des explorations colo-anorectales à la recherche d'argument pour une origine neurologique ou mécanique des symptômes, de même que l'examen urodynamique apporte des arguments en faveur d'une origine mécanique et/ou neurologique des dysuries et des incontinences d'urine. De la même manière, les troubles de la déglutition liés au vieillissement suggèrent un trouble de la commande nerveuse centrale dont l'exploration pourrait permettre d'affirmer l'origine neurologique d'une dysphagie non expliquée par un obstacle. À une époque où de plus en plus de données fondamentales suggèrent que l'inertie colique, certaines pseudo-obstructions intestinales ou encore l'achalasie pourraient être en rapport avec des neuropathies entériques, peut être inflammatoires, revoir la sémiologie manométrique à la lumière de ces informations passionnantes pourraient accroître l'intérêt des explorations fonctionnelles digestives.

Que les coordonnateurs de cet ouvrage et les auteurs des chapitres soient remerciés d'offrir aux lecteurs un document qui fournit une mise à jour exhaustive des techniques d'explorations fonctionnelles digestives au bon moment, car nous sommes à l'aube d'une probable (r)évolution nosologique qui clarifiera les indications des tests décrits.

Philippe Denis

GFNG

Groupe français de neuro-gastroentérologie

Vous avez entre les mains un ouvrage collectif du GFNG. Vous n'êtes pas familier avec cette abréviation, et pourtant vous connaissez de près ou de loin les travaux et les différentes activités de ce groupe ainsi que les membres qui le constituent et l'animent. En effet, le GFNG n'est autre que le nouveau nom du CFMD (Club français de motricité digestive), fondé en 1986 par Jacques Frexinos, Lionel Bueno, Philippe Denis et Daniel Couturier. Ce club a rassemblé pendant des années des cliniciens et des chercheurs français et belges autour de la motricité digestive qui, dans les années 1980, était le critère physiopathologique le plus porteur d'espoir dans la connaissance des pathologies fonctionnelles digestives et intestinales. Outre la réunion annuelle au cours de laquelle des mises au point et des travaux originaux sont présentés dans un contexte studieux, un cadre agréable et une atmosphère particulièrement conviviale, un DIU a été mis en place en 1997 pour répondre au besoin de formation des différents acteurs de santé concernés par les pathologies fonctionnelles. L'implication forte du GFNG dans les actions de formation se poursuit encore maintenant par l'attribution de bourses importantes, pour les plus jeunes d'entre nous (cliniciens et chercheurs). La présentation de leurs travaux dans les réunions internationales du plus haut niveau permet de tisser des liens et d'échanger en direct avec les leaders d'opinion sur les sujets d'actualité.

Certains diront : « Pourquoi avoir changé de nom ? » Parce que nous sommes dans un monde en évolution permanente, parce que les relations entre le « tube » et le système nerveux, pris dans sa globalité, prennent une place de plus en plus importante, et enfin parce que depuis plusieurs années déjà l'Europe avec le soutien actif et objectif de la France avait mis l'accent sur la neuro-gastroentérologie, nous avons choisi de rapprocher le nom de notre groupe de la réalité. Cela n'est pas seulement un caprice de quelques-uns, mais représente une évolution importante pour notre image, et pour notre fonctionnement. La réalisation de ce livre est une première étape importante. L'avenir sera marqué par la formalisation de nos objectifs de formation et surtout par l'engagement du GFNG dans la proposition, la mise en place, et la réalisation de travaux prospectifs permettant la progression des connaissances, en neuro-gastroentérologie et dans les différentes approches thérapeutiques dans le domaine des troubles et pathologies fonctionnelles digestives et intestinales.

Tous les membres du bureau du GFNG se sont impliqués dans cette démarche positive, et espèrent que la lecture de cet ouvrage vous donnera le goût de poursuivre votre activité dans ce difficile domaine, et de venir grossir les rangs de notre Groupe qui évolue mais garde comme valeur fondatrice la qualité et la convivialité.

Michel Dapoigny

Président du GFNG

Abréviations

AAP	asynchronisme abdominopelvien
AGA	*American Gastroenterological Association*
ANMS	*American Neurogastroenterology and Motility Society*
ASP	abdomen sans préparation
ATNC	agent infectieux non conventionnel
CDD	colpocystodéfécographie
CMI	complexe moteur interdigestif
CMM	complexe moteur migrant
DC	diaphragme crural
DCC	*discrete clustered contraction*
DCI	intégrale de contraction distale *(distal contractile integral)*
DF	dyspepsie fonctionnelle
DES	défect du sphincter externe
DSI	défect du sphincter interne
DT	douleur thoracique
DNU	dyspepsie non ulcéreuse
EEA	échographie endo-anale
EMG	électromyogramme
ESPGHAN	Société européenne d'hépatologie, gastro-entérologie et nutrition pédiatrique
GEC	coefficient de vidange gastrique
GD	gastroparésie diabétique
GFNG	Groupe français de neuro-gastro-entérologie
GIQLI	*gastrointestinal quality of life index*
GMC	*giant migrating contractions*
HAPC	*high amplitude propagated contraction* (contraction propagée de grande amplitude)
HP	*Helicobacter pylori*
HR	haute résolution
IA	incontinence anale
INRA	Institut national de la recherche agronomique
IPP	inhibiteurs de la pompe à protons
IPPW	*isolated pyloric pressure wave*
IR	index de reflux
IRM	imagerie par résonnance magnétique
IRMd	imagerie par résonnance magnéti-que dynamique
IS	index symptomatique
JAR	jonction anorectale
JOG	jonction œsogastrique
LES	*lower esophageal sphincter*
LISI	limite inférieure du SIO
LPC	ligne pubococcygienne
MAD	manométrie antroduodénale
MAR	manométrie anorectale
MO	manométrie œsophagienne
NASPGN	Société nord-américaine de gastro-entérologie et nutrition pédiatrique
ORL	otorhinolaryngologie
PEG	polyéthylène glycol
PIP	point d'inversion de pression
POIC	pseudo-obstruction intestinale chronique
PUM	potentiel d'unité motrice
REB	rythme électrique de base
RGO	reflux gastro-œsophagien
RRAE	réflexe recto-anal excitateur
RRAI	réflexe recto-anal inhibiteur
SAP	*symptom association probability*
SE	sphincter externe
SI	sphincter interne
SII	syndrome de l'intestin irritable
SIO	sphincter inférieur de l'œsophage
SNE	système nerveux entérique
SSO	sphincter supérieur de l'œsophage
RGO	reflux gastro-oesophagien
ROC	*receiver operating characteristic*
TOGD	transit œso-gastroduodénal

TPO	transit pharyngo-oesophagien
TTC	temps de transit colique
TTOC	temps de transit orocæcal
VFP	vitesse du front de pressurisation
VG	vidange gastrique
VGI	vidange gastrique isotopique
VMT	volume maximum tolérable
VS	volume seuil de sensation
VSS	vagotomies suprasélective
VT	vagotomie tronculaire

Chapitre 1

Manométrie œsophagienne

A. Ropert

La manométrie œsophagienne est actuellement la méthode la plus sensible pour enregistrer les phénomènes moteurs au niveau de l'œsophage. La mesure de ces événements associant des contractions et des relaxations permet d'étudier la déglutition et de préciser les anomalies motrices au niveau du sphincter inférieur de l'œsophage (SIO), du corps et, à un moindre degré, du sphincter supérieur (SSO). Ces troubles moteurs peuvent être responsables de différents symptômes, tels que la dysphagie et les douleurs thoraciques (DT), ou être associés à différentes pathologies (reflux gastro-œsophagien, connectivite). C'est la seule méthode qui permet de classer les troubles moteurs en différentes entités nosologiques.

Cependant, elle ne permet pas d'analyser les flux dans l'œsophage. Lorsque le diagnostic doit évaluer la clairance œsophagienne, l'examen doit être complété par d'autres examens, le transit baryté œsogastrique, la scintigraphie œsophagienne et, éventuellement, l'enregistrement de l'impédance intraluminale.

La réalisation de l'enregistrement des différents phénomènes moteurs au niveau du SIO et du corps de l'œsophage ainsi que l'interprétation des tracés nécessitent des connaissances physiologiques, une formation spécifique et un soin rigoureux. Plusieurs recommandations de pratique, françaises [1] et anglo-saxonnes [2–4], ont été publiées définissant les pré-requis et les conditions d'examens.

Ce chapitre décrit les principaux éléments du matériel, les conditions de réalisation de l'enregistrement, les techniques d'interprétation, les différents troubles moteurs rencontrés et les implications cliniques de cet examen. Récemment, le développement de puissants logiciels d'acquisition et de traitement a permis d'augmenter considérablement le nombre de capteurs de pression et de réaliser des représentations spatiotemporelles sophistiquées des variations de pression dans la lumière œsophagienne. Cette méthode, la manométrie haute résolution, est présentée dans le chapitre 3.

Principes de la technique

L'équipement utilisé doit permettre d'enregistrer les variations de pression dans l'œsophage, de les transmettre et de les sauvegarder en un enregistrement permanent. Cet enregistrement permet de réaliser des mesures et doit être conservé. Cet équipement comprend une sonde intraluminale, des capteurs de pression qui sont externes ou internes, des amplificateurs et des logiciels informatiques d'acquisition et de traitement numérique (figure 1-1). Le cathéter de manométrie doit pouvoir être introduit dans l'œsophage et permettre de mesurer les pressions intraluminales, reflets des contractions œsophagiennes. Il s'agit le plus souvent d'un tube spécifique, long et flexible.

Matériel

Sonde de manométrie et capteurs

Systèmes de cathéters perfusés

Ils comprennent une sonde avec plusieurs cathéters accolés de petit diamètre, des capteurs de pression

Les Explorations fonctionnelles digestives



Fig. 1-1. Chaîne de manométrie digestive à cathéters perfusés.
Elle comprend une pompe de perfusion hydropneumatique à faible compliance avec huit voies de perfusion. Chaque voie de perfusion est reliée à un capteur de pression et à un amplificateur. L'ordinateur comprend les logiciels d'acquisition et de traitement qui enregistrent le tracé, l'analysent, mesurent les différents paramètres et le stockent. Noter que le lit d'examen doit permettre que la lumière œsophagienne du patient soit à la hauteur des capteurs de pression.

en situation externe, ainsi qu'une pompe de perfusion hydropneumatique à faible compliance qui perfuse de l'eau à un débit faible et constant dans les différents cathéters (*cf.* figure 1-1).

À l'heure actuelle, il convient de privilégier les sondes à usage unique. La sonde, de diamètre extérieur compris entre 3 et 5 mm, comprend des cathéters dont le diamètre interne est inférieur à 1 mm. Elle est percée d'orifices latéraux étagés, espacés le long de la sonde. Le plus souvent, la sonde est formée de quatre cathéters, avec des orifices espacés de 5 cm et dirigés dans les quatre cadrans. La sonde peut également être formée de huit cathéters accolés avec quatre orifices radiaires, surmontés des quatre orifices étagés. Cette sonde permet d'enregistrer simultanément la motricité au niveau du SIO dans plusieurs axes, et au niveau du corps de l'œsophage à plusieurs hauteurs (figure 1-2). De nombreux autres schémas de sondes peuvent être proposés, le nombre d'orifices peut atteindre vingt et un, permettant autant de points d'enregistrement.

Pour l'étude des zones sphinctériennes, Dent a validé l'utilisation d'un manchon perfusé, appelé *sleeve* [5]. Il s'agit d'un segment de 6 cm situé à l'extrémité distale de la sonde et qui est recouvert par une membrane mince et flexible (*cf.* figure 1-2). Une perfusion continue d'eau, réalisée tout le long de la membrane, produit une zone sensible à la pression. Ce cathéter est particulièrement utile pour enregistrer de façon prolongée la pression de repos des sphincters, car elle n'est pas modifiée par des petits déplacements de l'orifice de perfusion dans la zone sphinctérienne qui est particulièrement mobile avec la respiration. Elle est particulièrement utile pour enregistrer les relaxations transitoires du SIO.

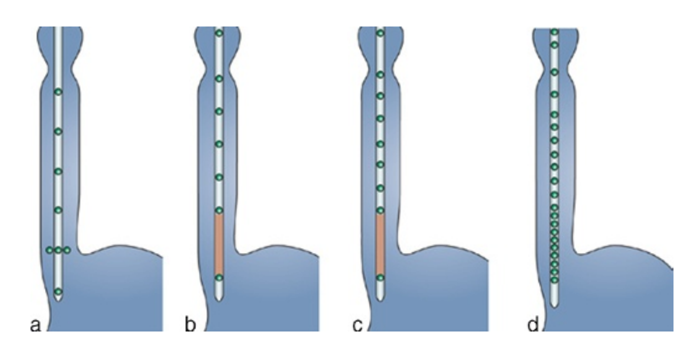


Fig. 1-2. Sondes de manométrie œsophagienne à cathéters perfusés.
Différents types de sondes sont disponibles suivant le nombre d'orifices présents, leur répartition sur la sonde, et la présence d'un éventuel manchon qui est un segment sensible à la pression (en marron sur la figure). Ce manchon est particulièrement adapté à la mesure des pressions au niveau des sphincters.
a. Sonde comprenant cinq orifices latéraux étagés, espacés de 5 cm, et trois orifices radiaires pour l'étude de la zone sphinctérienne.
b, c et d. Certaines sondes peuvent atteindre vingt et un orifices (sonde d) réalisant autant de lignes de mesure de pression. Les sondes b et c comprennent un manchon associé respectivement six et neuf orifices étagés.

Chaque cathéter est connecté à un capteur de pression externe. Le débit de perfusion de l'eau dans les cathéters doit être constant, il dépend de la pression appliquée dans la chambre de la pompe [6]. Le plus souvent, le débit est fixé à 1 mL/min (0,5mL/min pour certains auteurs). Lorsque l'orifice du cathéter est occlus, la pression dans la colonne d'eau augmente et cette variation de pression est transmise aux différents capteurs externes de pression.

Cet équipement est le plus développé en France, mais a malheureusement plusieurs inconvénients. Il est difficile à déplacer du laboratoire. Il nécessite des précautions très importantes pour obtenir des résultats fiables. Le système doit être calibré à chaque changement de sonde, ainsi qu'au début et à la fin de chaque examen, et il convient d'être très attentif lors de la réalisation de la calibration du système. Les mesures sont modifiées par la différence entre la hauteur d'eau dans le tube capillaire et le capteur externe. C'est pourquoi l'étude doit être réalisée chez un sujet allongé dont l'œsophage se situe à peu près à la hauteur des capteurs. Enfin, le système de perfusion doit être entretenu avec soin pour éviter tout risque infectieux et, notamment, il convient de réaliser chaque jour une purge à l'air de la pompe et de tous ces canaux. Sinon, des débris peuvent s'accumuler dans les différents cathéters et être colonisés par des bactéries. Outre le risque infectieux, ceci entraîne une obturation progressive des cathéters et des résistances qui modifient les mesures. L'efficacité de cet entretien doit être contrôlée à un rythme régulier par la réalisation de prélèvements bactériologiques sur tous les orifices de perfusion pour s'assurer de la bonne qualité des liquides perfusés et de l'absence de contamination [7].

Pour interpréter les tracés, il convient de bien connaître les facteurs qui modifient les pressions enregistrées. La pression enregistrée par les capteurs est une combinaison de la pression luminale et de la résistance à la perfusion (la pression est nécessaire pour pousser le liquide à travers l'ensemble du système). Elle est également fonction du diamètre de la sonde et du débit de perfusion qui doit donc être stable [8]. Une modification de débit dans une voie individuelle peut être causée par une résistance, ce qui artéfacte la pression enregistrée. Au début et à la fin de l'étude, il est important d'enregistrer la pression atmosphérique avec les capteurs ouverts et la pression basale avec l'ensemble branché et perfusé. Ceci permet de détecter les modifications de pression liées au système.

Sondes de manométrie avec capteurs intraluminaux

Des microcapteurs sont placés dans la sonde, ils permettent de mesurer directement les variations de pression dans la lumière digestive. Le diamètre de cette sonde est le plus souvent un peu plus élevé que celui des sondes à cathéters perfusés. L'avantage le plus important de ce système est que les pressions sont mesurées directement et ne sont pas modifiées par la pression hydrostatique [9], ainsi les études peuvent être réalisées chez un sujet assis ou debout. Par ailleurs, ce système ne nécessite pas de perfusion continue d'eau et on peut envisager des enregistrements prolongés. Associées à un enregistreur portable, ces sondes permettent des enregistrements ambulatoires sur 24 heures [9].

Ces sondes permettent d'enregistrer des variations très rapides de pression (> 5000 hertz) et sont particulièrement adaptées pour mesurer les variations de pression au niveau du SSO [9].

Sur le plan de l'hygiène, il n'y a bien sûr pas les problèmes liés à la présence de l'eau, mais la décontamination de ces cathéters pose des problèmes techniques. Enfin, dernier élément, ces systèmes sont particulièrement coûteux et fragiles.

Évolution des systèmes

Les deux systèmes actuels ont leurs inconvénients. Un système parfait, c'est-à-dire maniable, sûr, reproductible, est toujours en recherche. Récemment, un système à perfusion gazeuse à haute pression avec une sonde portant des microballons a été développé. Ce système permettrait de se passer de la pompe de perfusion, d'avoir des sondes de faible diamètre et d'avoir un signal tout à fait convenable (variation de pression en fonction du temps). Compte tenu du prix élevé de ces sondes, l'utilisation de ce système en pratique courante reste encore difficile.

Logiciels d'acquisition et de traitement

Plusieurs logiciels ont été développés et améliorés récemment. Le logiciel d'acquisition reçoit le signal électrique et le transforme en une courbe facile à interpréter, afin de réaliser les mesures. La courbe de pression peut être lue sur l'ordinateur et stockée sur le disque dur. Les divers logiciels présentent des différences importantes, mais ils doivent permettre une analyse manuelle, car l'analyse automatique est souvent source d'erreur.

Petit matériel

Différents éléments doivent être à disposition pour réaliser des examens complets (figure 1-3). L'examen nécessite un système de calibration qui peut être un manomètre à mercure relié à une chambre de calibration, ou un dispositif avec deux repères distants de 50 cm et permettant de provoquer une augmentation de la pression hydrostatique de 50 cm d'eau.

Il convient d'avoir également un tube de gelée lubrifiante, des serviettes, un haricot.

Une seringue d'eau de 20 mL est nécessaire pour délivrer pendant l'examen des petits bolus d'eau à température ambiante, qui permettent d'étudier les déglutitions de liquide.

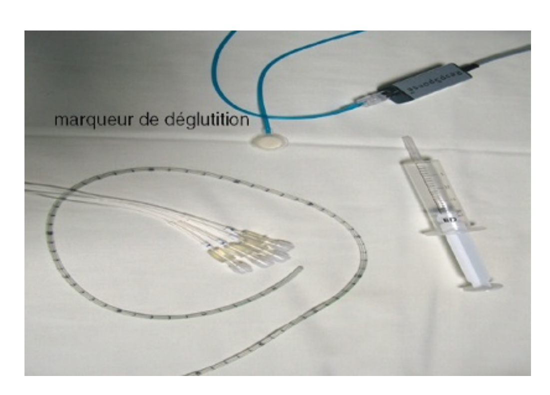


Fig. 1-3. Éléments du petit matériel nécessaires pour la réalisation de la manométrie.
Ce matériel comprend une sonde de manométrie à usage unique en PVC – formée de quatre cathéters accolés, avec quatre orifices latéraux espacés de 5 cm –, un capteur de déglutition afin de repérer les déglutitions itératives qui sont responsables d'artéfacts et une seringue d'eau avec embout délivrant l'eau pour les déglutitions.

Le matériel pour réaliser les tests de provocation comprend du sérum salé isotonique et de l'acide chlorhydrique 0,1N et un système de perfusion rapide (10 mL/min).

Un système doit permettre d'enregistrer les déglutitions (capteur de déglutition, *cf.* figure 1-3), car des déglutitions répétitives ou intempestives inhibent le péristaltisme et peuvent induire des anomalies artéfactielles. Lors de l'enregistrement d'une onde anormale, il faut pouvoir s'assurer de l'absence de déglutitions répétitives.

Réalisation de l'examen

L'examen nécessite une bonne coopération du patient ; c'est pourquoi le confort, la préparation psychologique et l'explication du déroulement doivent être privilégiés pour avoir une étude convenable.

Préparation

Le patient doit être à jeun depuis au moins 8 heures. Les médicaments qui modifient la motricité œsophagienne doivent être arrêtés depuis au moins 48 heures (dérivés nitrés, inhibiteur des antagonistes calciques, prokinétiques et sédatifs).

Intubation

Le passage du cathéter dans les cavités nasales et dans la bouche œsophagienne est en général la partie la plus désagréable de l'examen. Il doit être réalisé de façon prudente et dans une atmosphère calme. La sonde de manométrie peut être lubrifiée avec une gelée. L'intérêt de l'application d'un anesthésique local est discuté : pour certains, elle est à éviter pour ne pas anesthésier la région pharyngée ; pour d'autres, elle permet d'améliorer la tolérance et donc la qualité de l'examen. Le patient peut être soit assis et secondairement allongé, soit directement en décubitus latéral droit. Le passage du nez et la descente sont lents

et prudents afin d'éviter, autant qu'il est possible, les réflexes de nausées. Le passage du pharynx et du SSO est facilité par la flexion en avant du cou et éventuellement par l'adjonction de petites quantités d'eau.

L'extrémité de la sonde est descendue jusqu'à 60 cm des narines. À ce niveau, chez la plupart des sujets, les orifices sont tous situés dans l'estomac (pour chaque voie du tracé, la pression intragastrique correspondante sert de pression basale). Pour s'assurer de la bonne localisation des orifices de la sonde, il faut analyser les variations de pression lors de la respiration. Dans l'estomac, du fait des mouvements du diaphragme, la pression augmente lors de l'inspiration et diminue lors de l'expiration. À l'opposé, dans le thorax du fait de la plèvre, la pression diminue lors de l'inspiration et augmente lors de l'expiration. Dans l'estomac, compte tenu des caractéristiques physiologiques de l'estomac proximal, le tracé enregistré est alors relativement plat avec des faibles variations de pression liées à la respiration.

Étude du sphincter inférieur de l'œsophage

La manométrie permet de mesurer la pression du repos du SIO (figure 1-4) et d'évaluer la relaxation du sphincter lors des déglutitions (figure 1-5). La méthode la plus utilisée est le retrait progressif par pallier de 0,5 cm. À chaque pallier, l'enregistrement doit être suffisamment long pour avoir une pression de repos stable (au moins 30 secondes par pallier).

Pression de repos du sphincter inférieur de l'œsophage

En l'absence de déglutition, l'entrée dans le sphincter est marquée par une accentuation des variations de pression liées à la respiration. Lorsque le capteur ou l'orifice de pression est placé dans le SIO, la pression se décale vers le haut par rapport à la pression basale (pression intragastrique), ceci permet de mesurer la pression de repos (*cf.* figure 1-4). Lorsque le cathéter est encore retiré, la pression chute et se stabilise. À ce point, l'orifice

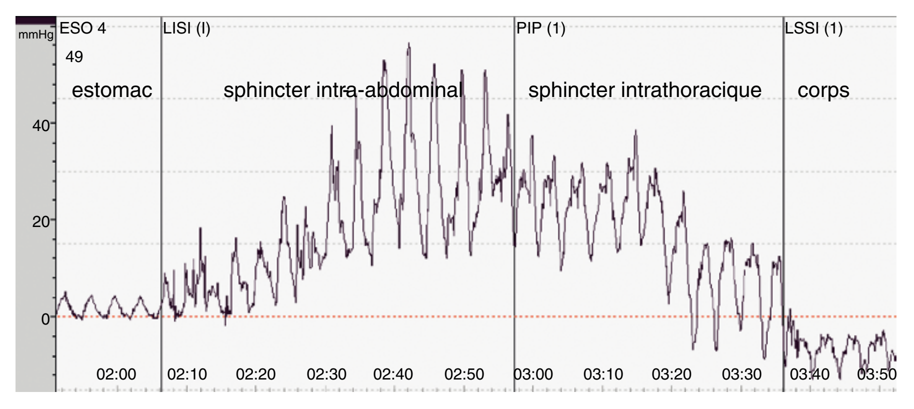


Fig. 1-4. Tracé de manométrie œsophagienne : pression de repos du sphincter inférieur (SIO) lors d'un retrait continu de la sonde.

L'enregistrement est réalisé ici sur 120 secondes, en l'absence de toute déglutition. À gauche du tracé, l'orifice de mesure est dans l'estomac, la pression intragastrique sert de pression basale (représentée en pointillé). Lors du retrait de la sonde, l'apparition de mouvements respiratoires plus amples et d'une élévation de la pression correspond à la limite inférieure du SIO (LISI). Lors de la poursuite du retrait, les mouvements respiratoires se modifient avec un aspect caractéristique associant une augmentation de pression en début d'inspiration et une diminution en fin d'inspiration ; c'est le point d'inversion de pression (PIP). Puis les mouvements respiratoires deviennent d'allure thoracique (partie intrathoracique du SIO). Enfin la pression chute, l'orifice est dans le corps de l'œsophage, ce point correspond à la limite supérieure du SIO (LSSI). Ceci permet la mesure de la longueur et la pression de repos du SIO.

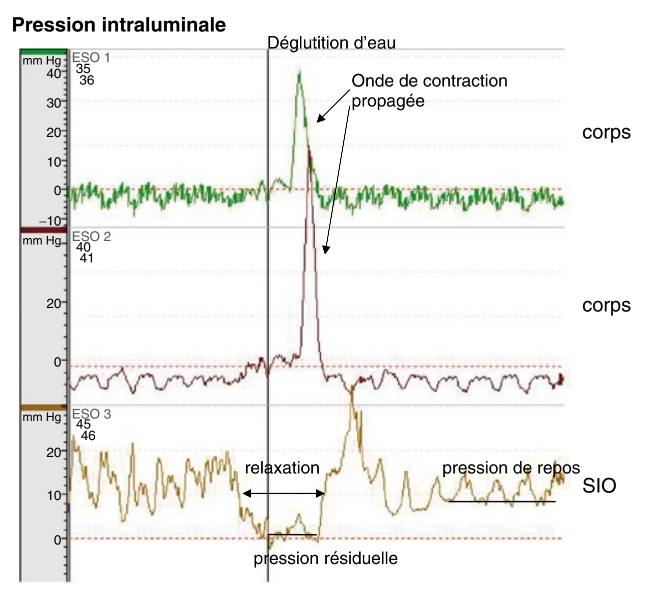


Fig. 1-5. Tracé de manométrie œsophagienne lors d'une déglutition normale.
L'enregistrement a été réalisé pendant 30 secondes sur trois canaux espacés de 5 cm, deux orifices sont dans le corps et un dans le sphincter inférieur de l'œsophage (SIO). Avant la déglutition, la pression de repos du corps de l'œsophage est négative par rapport à la pression basale (pression intragastrique représentée en pointillé) ; la pression du SIO se situe autour de 10 mmHg. Lors de la déglutition, la relaxation du SIO est coordonnée avec la propagation de l'onde de contraction qui balaie le corps de l'œsophage. Cette onde est ample, monophasique, brève et surtout propagée. On mesure la pression résiduelle du SIO et la durée de la relaxation, l'amplitude, la durée et la vitesse de propagation de l'onde de contraction.

concerné a donc quitté le SIO et est entré dans le corps de l'œsophage.

Sur les premiers centimètres, le SIO est en situation intra-abdominale et les variations de pression liées à la respiration sont identiques à celles enregistrées dans l'estomac avec augmentation de pression lors de l'inspiration. Sur les centimètres les plus proximaux, le SIO peut être en situation intrathoracique avec un enregistrement de variations de pression de type thoracique (diminution de la pression lors de l'inspiration). À mi-distance, la pression présente des variations typiques, elle commence par augmenter en début d'inspiration puis elle diminue en fin d'inspiration, ce point est appelé le point d'inversion de pression (PIP – *cf.* figure 1-4) et il traduit le passage depuis la portion intra-abdominale du sphincter vers la portion intrathoracique. Certaines études suggèrent que la longueur intra-abdominale de la zone de haute pression du SIO a un rôle important dans la genèse de la barrière antireflux et serait une variable permettant d'évaluer la compétence du sphincter.

Relaxation du sphincter inférieur de l'œsophage

La manométrie doit également évaluer la relaxation du sphincter lors des déglutitions. Le tracé doit permettre la mesure de la durée et de l'amplitude de cette relaxation. Après une déglutition, la pression diminue pour atteindre la pression intragastrique, la relaxation dure entre 5 et 8 secondes et la pression résiduelle (qui est la différence entre la pression la plus basse enregistrée pendant la relaxation et la pression intragastrique) ne doit pas être supérieure à 2 mmHg (*cf.* figure 1-5). Afin d'obtenir une bonne relaxation, il faut utiliser une déglutition d'un petit bolus d'eau (5 mL) ; la relaxation peut être incomplète ou très brève après une déglutition sèche [10].

La mesure des différents paramètres du SIO, notamment les paramètres de la relaxation sont très délicats et nécessitent une bonne expérience et une bonne coopération du sujet. Pour obtenir

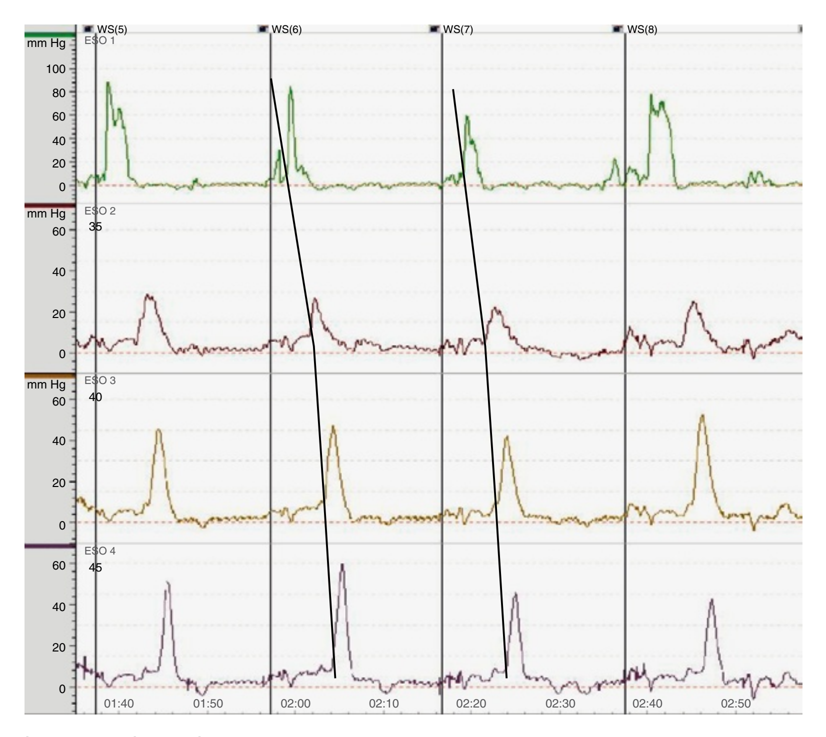


Fig. 1-6. Tracé de manométrie : péristaltisme œsophagien normal.
L'enregistrement a été réalisé pendant 120 secondes sur quatre canaux espacés de 5 cm, situés dans le corps de l'œsophage à respectivement 30, 35, 40 et 45 cm des ailes du nez, lors de quatre déglutitions de 5 mL d'eau. Le paramètre majeur est le pourcentage d'ondes propagées. Les valeurs mesurées sont l'amplitude, la durée et la vitesse de propagation des ondes de déglutition, exprimées sous la forme de moyenne des valeurs obtenues après au moins dix déglutitions d'eau (WS : *wet swallow*).

des résultats plus objectifs et plus quantitatifs, il a été proposé différents algorithmes informatiques pour une méthode d'analyse automatisée, tel le vecteur volume qui est la représentation graphique en trois dimensions du profil de pression du SIO. Ceci nécessite le retrait progressif, régulier et lent d'une sonde formée de multiples canaux.

Corps de l'œsophage

Les études de la motricité du corps de l'œsophage permettent d'évaluer la durée, la force et la propagation des contractions musculaires, afin de mettre en évidence des anomalies motrices. L'enregistrement doit permettre l'analyse de plusieurs paramètres : l'amplitude, la durée et la vitesse de propagation des ondes (*cf.* figure 1-5 et figure 1-6).

Une étude complète doit mesurer ces contractions à plusieurs niveaux du muscle lisse (deux tiers inférieurs de l'œsophage) et du muscle strié (tiers proximal). La motricité de l'œsophage distal est enregistrée à l'aide d'au moins deux capteurs ou orifices, classiquement à 3 et 8 cm au-dessus du SIO, actuellement plutôt à 5 et 10 cm. L'activité contractile au niveau de l'estomac proximal peut être également évaluée avec un orifice situé à 1 cm en dessous du SIO.

Initialement, le péristaltisme était évalué avec des déglutitions sèches, cependant les résultats étaient peu reproductibles. L'utilisation d'un bolus liquide de 5 mL permet de recruter plus d'afférences, afin d'obtenir un enregistrement plus reproductible et plus fiable du péristaltisme [10]. Les déglutitions d'eau doivent être réalisées avec un intervalle minimal de 30 secondes, qu'il est important de respecter car des déglutitions répétées entraînent

une inhibition du péristaltisme. Il convient de réaliser au moins dix déglutitions d'eau afin de mesurer les différents paramètres et de les exprimer sous forme de moyenne. Les études réalisées dans des laboratoires experts ont évalué la reproductibilité de ces paramètres et ont conclu que la valeur moyenne de huit à dix déglutitions permettait de caractériser le péristaltisme individuel [11].

Les études sont réalisées chez un patient en décubitus, car les systèmes perfusés entraînent des biais lors de l'enregistrement chez le sujet assis du fait de la pression hydrostatique. L'utilisation de capteurs intraluminaux permet des enregistrements de pression en ambulatoire sur 24 heures en position debout. Cette méthode paraît très intéressante, cependant les résultats sont décevants. Une des limites importantes de cette méthode est que l'on ne peut pas enregistrer les déglutitions et que des troubles du péristaltisme peuvent être liés à des déglutitions itératives.

Analyse des tracés

Cette analyse nécessite d'avoir un enregistrement de bonne qualité et les différentes étapes successives de l'acquisition doivent être prolongées tant que des informations fiables et de qualité n'ont pas été obtenues. L'analyse de la relaxation du SIO et du péristaltisme œsophagien permet de porter un diagnostic. Les pressions peuvent être exprimées en différentes unités selon les laboratoires (1 Kp = 10 cm d'H_2O = 7,5 mmHg).

Analyse des différents paramètres du sphincter inférieur de l'œsophage

L'analyse doit considérer la position du SIO, sa longueur avec les valeurs respectives des segments intra-abdominaux et intrathoraciques, la pression de repos, et la qualité de la relaxation (amplitude et durée). Ces différentes valeurs doivent figurer sur le compte rendu (encadré 1-1).

Pression de repos du sphincter inférieur de l'œsophage

La pression de repos du SIO est toujours mesurée par rapport à une pression basale qui est

Encadré 1-1

Exemple d'un compte rendu de manométrie œsophagienne

Sphincter inférieur de l'œsophage

- Situation (distance par rapport aux narines) de … cm à … cm :
  - longueur du segment abdominal
  - longueur du segment thoracique
- Pression de repos :
  - versant abdominal : … cm d'H_2O
  - versant thoracique : … cm d'H_2O
- Relaxation lors des déglutitions … % :
  - pression résiduelle : … cm d'H_2O
  - durée : … sec

Corps de l'œsophage

Ondes œsophagiennes proximales

- Amplitude :
  - moyenne : … cm d'H_2O
  - maximale : … cm d'H_2O
- Durée : … sec

Ondes œsophagiennes distales

- Amplitude :
  - moyenne : … cm d'H_2O
  - maximale : … cm d'H_2O
- Durée : … sec
- Propagation :
  - ondes propagées : … %
  - ondes interrompues ou absentes : … %
  - ondes simultanées : … %

Commentaire :

Sphincter supérieur de l'œsophage

Cf. chapitre 3

Conclusion

Description des résultats, classification des éventuels troubles moteurs et mise en perspective

Nota bene : le compte rendu doit également comprendre les valeurs normales du laboratoire, un court descriptif de la méthode (pompe, débit de perfusion), de la sonde utilisée (perfusée, usage unique) et une traçabilité du matériel.

la pression intragastrique mesurée sur la même voie d'enregistrement. Pour tenir compte des variations de pression liées au cycle respiratoire, les mesures doivent toujours être réalisées au même moment, c'est-à-dire soit en fin d'expiration, soit à mi-expiration. Il a longtemps existé des avis divergents, le plus souvent la pression est mesurée à la fin d'une expiration, car il est considéré que c'est le moment où l'influence du diaphragme sur la pression de repos est la plus faible. Cependant, d'autres auteurs insistent sur le fait que le diaphragme a un rôle important dans la constitution de la barrière antireflux et que la mesure de la pression doit intégrer tous les facteurs et donc être réalisée en milieu d'expiration.

Relaxation du sphincter inférieur de l'œsophage

L'analyse de la relaxation du SIO est primordiale, mais elle est parfois délicate à réaliser et nécessite un apprentissage, notamment par compagnonnage dans un laboratoire expert. Elle consiste à mesurer la pression du SIO la plus faible enregistrée lors de la déglutition (*cf.* figure 1-4). Cette mesure est réalisée par rapport à la pression de référence qui est la pression intragastrique. La relaxation est alors exprimée sous forme de pourcentage de relaxation par rapport à la pression de repos ou par le chiffre brut de la pression résiduelle [12]. La mesure de la pression résiduelle pourrait paraître un meilleur indicateur de la fonction plutôt que le pourcentage de relaxation, mais ce fait n'a jamais été démontré. Normalement, la relaxation est complète, et on peut aussi calculer le pourcentage de relaxation incomplète. L'analyse comprend également la mesure de la durée de la relaxation.

Valeurs normales

Quelle que soit la méthode choisie, il faut comparer les valeurs mesurées à celles obtenues dans un groupe de sujets sains en utilisant la même technique et les mêmes conditions d'examen. Ces valeurs normales sont donc difficilement utilisables d'un laboratoire à l'autre et il convient d'obtenir ses propres valeurs avec son matériel et ses propres méthodes utilisés en routine. Néanmoins, il peut être intéressant de comparer ses valeurs normales à celles publiées dans la littérature, notamment celles de la plus grande série réalisée sur 95 sujets sains adultes (tableau 1-1) [12]. La pression résiduelle doit être < 7 mmHg, le pourcentage de relaxation > 90 %, et la durée de relaxation < 8 secondes.

Tableau 1-1 Valeurs obtenues chez 95 sujets sains* : résultats exprimés en moyenne (2 DS).

	SIO	Corps de l'œsophage	
		3 cm**	8 cm**
Pression de repos (mmHg) :			
- en fin d'inspiration	39,7 (13,2)		
- en milieu d'expiration	24,4 (10,2)		
- en fin d'expiration	15,2 (10,7)		
Ondes de déglutition :			
- amplitude (mmHg)		109 (90)	90 (82)
- durée (sec)		4,0 (2,2)	3,9 (1,8)
- vitesse de propagation (cm/sec)		3,0 (1,2)	3,5 (1,8)
Ondes anormales (%) :			
- simultanées		0,4(4,0)	
- absentes		4,1 (16,6)	

* D'après Richter JE, Wu WC, Johns DN, Blackwell JN, Nelson JL 3rd, Castell JA, Castell DO. Esophageal manometry in 95 healthy adult volunteers. Variability of pressures with age and frequency of "abnormal" contractions. *Dig Dis Sci* 1987 ; 32 : 583-92.
** Distance au-dessus du SIO.

Analyse des différents paramètres du péristaltisme œsophagien

Les mesures doivent concerner plusieurs paramètres : l'amplitude, la durée, l'aspect et la vitesse de propagation des ondes (*cf.* encadré 1-1). L'amplitude est la mesure de la force de la contraction, la durée de la contraction est exprimée en seconde, la vitesse de propagation le long de l'œsophage est exprimée en cm/s. L'amplitude et la vitesse de propagation des ondes permettent de déterminer le taux de péristaltisme inefficace et celui de péristaltisme absent (respectivement le rapport du nombre d'ondes inefficaces et d'ondes simultanées sur le nombre de déglutitions effectuées). Seules les déglutitions uniques et séparées de la précédente par plus de 20 secondes sont retenues pour l'analyse.

Lors de l'analyse du tracé, la détermination du début de l'onde est cruciale, notamment pour le calcul de la vitesse de propagation. Cette détermination nécessite un apprentissage. Il convient de ne pas confondre l'augmentation de pression due à la pression intrabolus avec le début réel de l'onde.

Amplitude de l'onde de contraction

L'amplitude est mesurée entre la pression de repos du corps à la fin de l'expiration et le pic de l'onde. Cette amplitude a un rôle majeur dans la clairance de l'œsophage. Une amplitude minimale de 30 mmHg dans l'œsophage distal est nécessaire pour assurer la vidange de l'œsophage. Si l'amplitude est < 30 mmHg, l'onde est dite inefficace (appelée également déglutition non transmise ou interrompue). Si l'amplitude est > 180 mmHg, l'onde est dite hypertensive.

Vitesse de propagation de l'onde de contraction

Cette vitesse est déterminée par le rapport entre la distance entre deux points d'enregistrement adjacents (en pratique souvent 5 cm) et le temps séparant l'apparition de l'onde. Elle est normalement comprise entre 2 et 4 $cm.s^{-1}$. Une vitesse de propagation > 8 $cm.s^{-1}$ permet de classer l'onde de contraction en onde simultanée. Les ondes de contractions simultanées peuvent être classées en deux groupes. Les ondes simultanées isobariques ont la même amplitude et le même aspect sur deux orifices adjacents, elles sont souvent de faible amplitude. Les ondes non isobariques, au contraire, ont des amplitudes et des aspects différents, elles sont souvent de forte amplitude. Elles correspondent à de véritables ondes simultanées occlusives (spasmes), alors que les ondes simultanées isobariques correspondent à des contractions non occlusives et le tracé enregistre la pression dans une cavité commune.

Autres paramètres

Les ondes de contraction sont typiquement monophasiques, mais des ondes biphasiques sont également enregistrées chez le sujet sain. Par contre, les ondes polyphasiques sont considérées comme pathologiques. Une onde est considérée comme polyphasique si la chute de pression entre deux pics est > 10 mmHg et la durée entre les deux pics est > 1 seconde. La durée des ondes est normalement < 7 secondes. Les ondes de durée prolongée et/ou répétitives (avec retour à la ligne de base) sont considérées comme pathologiques.

L'analyse de ces différents paramètres et l'identification du début de l'onde péristaltique peuvent apparaître subjectives. Afin d'obtenir des résultats plus objectifs et des données quantitatives fiables, différentes sociétés ont développé des systèmes informatiques qui permettent non seulement d'enregistrer et de numériser, mais aussi d'analyser de façon automatique ces différents paramètres du corps de l'œsophage.

Valeurs normales

La définition des valeurs normales provient des enregistrements chez des sujets sains. Comme nous l'avons vu au niveau du SIO, il est important que chaque laboratoire puisse disposer de ces valeurs normales avec son matériel et ses protocoles d'examen. Néanmoins l'étude de Richter *et al.*, sur 95 sujets sains, peut servir de référence [12] (*cf.* tableau 1-1). Cette étude a mis en évidence notamment l'évolution des valeurs normales en fonction de l'âge. Lors de la comparaison des valeurs à celles de sujets sains, il faut savoir que les valeurs varient en fonction de l'âge du sujet,

de la position du corps, de la taille du bolus, de la taille du cathéter et de la pression du débit des perfusions. Certaines études ont fourni des résultats normaux pour différentes compositions de bouchées, notamment des déglutitions de morceaux de pain [13].

Principaux troubles moteurs œsophagiens

Les troubles moteurs œsophagiens sont caractérisés par des anomalies du SIO, des troubles moteurs du corps ou par l'association des deux (figure 1-7). À partir de ces différents paramètres plusieurs classifications ont été proposées, plus ou moins complexes [14, 15]. Récemment, l'utilisation de la manométrie haute résolution a permis d'adapter certains critères diagnostiques [16, 17], qui sont rassemblés dans le tableau 1-2.

Cependant, seuls deux troubles moteurs ont des caractéristiques précises, des tableaux cliniques propres, et entraînent une prise en charge spécifique. L'ensemble des autres anomalies est rassemblé dans le cadre des troubles moteurs non spécifiques dont les relations avec les symptômes des patients et les conséquences sur la prise en charge restent discutées et imprécises.

Achalasie de l'œsophage

Elle est définie par l'association de deux anomalies qui sont un défaut de relaxation du SIO lors de la déglutition et la présence permanente d'ondes simultanées au niveau du corps de l'œsophage (figure 1-8). Ces anomalies manométriques doi-

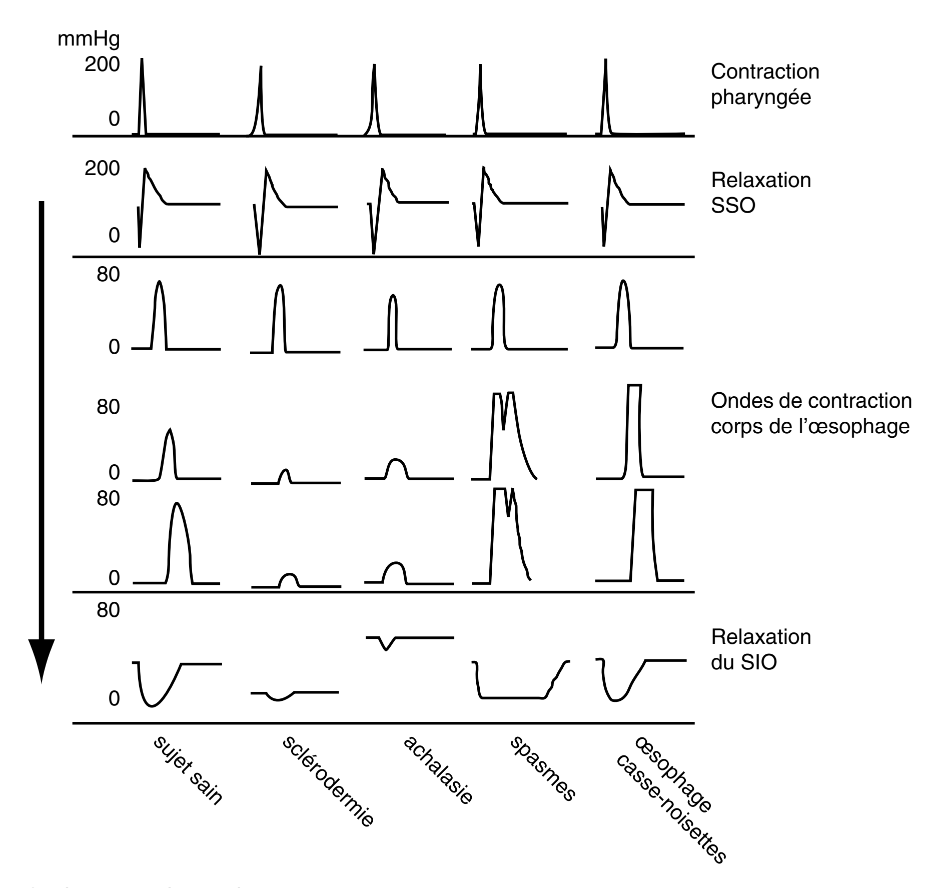


Fig. 1-7. Schéma simplifié de différentes anomalies motrices de l'œsophage.

Tableau 1-2 Diagnostics manométriques selon les critères de Spechler et Castell* récemment modifiés**.

Diagnostic	Résultat
Achalasie	Absence de péristaltisme œsophagien, défaut de relaxation et hypertonie du SIO
Maladie des spasmes diffus de l'œsophage	20 % ou plus de contractions œsophagiennes simultanées
Motricité œsophagienne inefficace	50 % ou plus de déglutitions d'amplitude inférieure à 30 mmHg sur un des deux sites distaux de l'œsophage (5 et 10 cm au-dessus du SIO)
Œsophage casse-noisettes	Péristaltisme normal avec amplitude moyenne des ondes distales supérieure à 220 mmHg
Défaut de relaxation du SIO	Pression résiduelle moyenne du SIO supérieure à 7 mmHg et contractions œsophagiennes normales
SIO hypertonique	Pression de repos du SIO supérieure à 45 mmHg et contractions œsophagiennes normales
SIO hypotonique	Pression de repos du SIO inférieure à 10 mmHg et contractions œsophagiennes normales
Absence d'anomalies significatives	Pas plus de 40 % de contractions inefficaces et pas plus de 10 % d'ondes simultanées d'amplitude distale inférieure à 220 mmHg et pressions résiduelles et de repos normales du SIO

* Spechler SJ, Castell DO. Classification of oesophageal motility abnormalities. *Gut* 2001 ; 49 : 145-51.

** Blonski W, Vela M, Safder A, Hila A, Castell DO. Revised criterion for diagnosis of ineffective esophageal motility is associated with more frequent dysphagia and greater bolus transit abnormalities. *Am J Gastroenterol* 2008 ; 103 : 699-704. Agrawal A, Hila A, Tutuian R, Mainie I, Castell DO. Clinical relevance of the nutcracker esophagus : suggested revision of criteria for diagnosis. *J Clin Gastroenterol* 2006 ; 40 : 504-9.

vent toujours être confrontées au contexte clinique, radiologique et aux résultats de l'endoscopie [18]. Il est parfois difficile de passer la sonde de manométrie qui s'enroule dans l'œsophage distendu et la sonde doit alors être mise en place sur un fil guide placé lors d'une endoscopie.

Le défaut de relaxation est l'anomalie la plus importante, il doit être constant lors des déglutitions d'eau. Parfois la relaxation peut apparaître complète, il convient alors d'analyser de façon très précise l'enregistrement de la pression de repos qui peut mettre en évidence des anomalies plus discrètes telles qu'une relaxation retardée ou une relaxation de durée trop brève. En cas d'achalasie à relaxation normale, le diagnostic peut être confirmé si les symptômes cliniques sont typiques et si le TOGD met en évidence également un aspect typique [19]. Dans ce cas, la manométrie haute résolution semble montrer qu'il s'agit d'un artéfact lié au raccourcissement de l'œsophage.

L'absence d'ondes propagées est également un critère indispensable au diagnostic d'achalasie. Le plus souvent, l'apéristaltisme est mis en évidence sur l'ensemble du corps de l'œsophage, cependant le caractère propagé des ondes peut être préservé sur les premiers centimètres de l'œsophage proximal.

D'autres anomalies peuvent être associées et sont souvent rencontrées, mais elles ne sont pas indispensables au diagnostic. Il s'agit tout d'abord de l'élévation de la pression de repos du SIO qui n'est présente que chez un patient sur deux. Elle devient supérieure à la pression intragastrique, elle est la conséquence de la stase œsophagienne de salive et/ou d'aliments dans le corps de l'œsophage. Cette pression peut se négativer si le contenu intra-œsophagien passe brutalement dans l'estomac, s'il est vomi ou s'il est aspiré au cours de la manométrie.

Classiquement, l'amplitude des ondes de déglutition est souvent faible (< 30 mmHg), mais une minorité de patients présente des ondes d'amplitude normale, voire élevée. On parle alors d'achalasie vigoureuse. Cette distinction n'est pas très utile car elle n'entraîne aucune modification de la prise en charge et le tableau clinique et la réponse au traitement sont identiques dans les deux groupes de patients.

L'achalasie de l'œsophage doit être distinguée de la pseudo-achalasie. La distinction se fait sur des critères cliniques et endoscopiques, car les tableaux manométriques sont identiques [20]. Cette pseudo-achalasie est évoquée si l'histoire est récente (< 1 an), l'altération de l'état général importante (amaigrissement > 10 kg) et l'âge élevé (> 70 ans). La manométrie doit alors être complétée par un scanner thoraco-abdominal ou une écho-endoscopie œsogastrique.

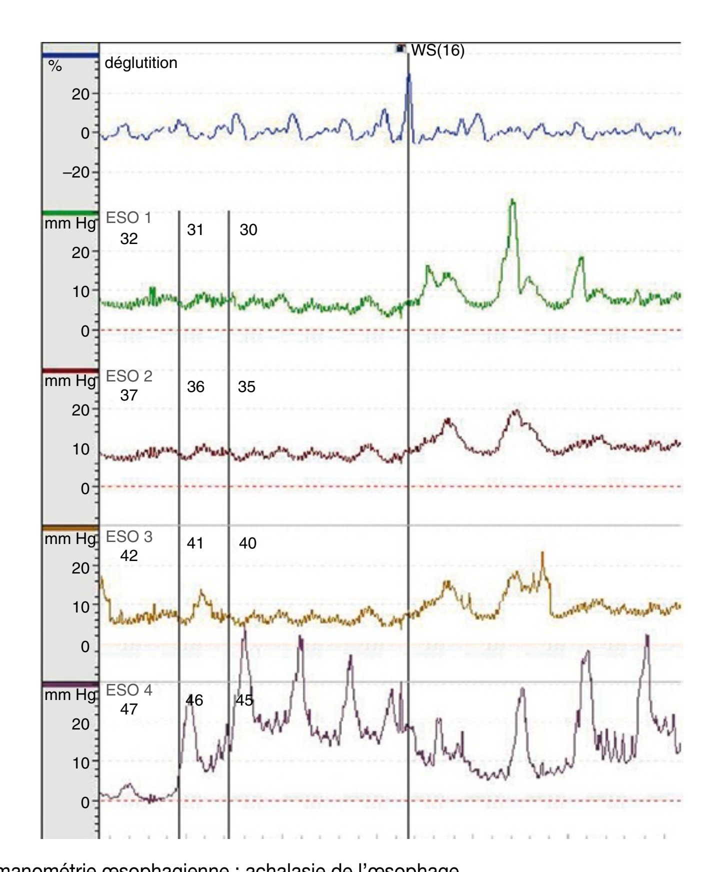


Fig. 1-8. Tracé de manométrie œsophagienne : achalasie de l'œsophage.
L'enregistrement a été réalisé pendant 90 secondes sur cinq voies, avec un capteur de déglutition (voie supérieure), trois orifices dans le corps œsophagien (respectivement à 35, 40 et 45 cm des ailes du nez) et un dans le sphincter inférieur de l'œsophage (SIO). La déglutition de 5 mL d'eau, signalée par le trait vertical, provoque l'apparition d'une onde de contraction simultanée, répétitive, et de faible amplitude dans le corps de l'œsophage, associée à un défaut de relaxation du SIO (la pression résiduelle reste nettement supérieure à la pression intragastrique représentée par le trait horizontal en pointillé). La pression de repos du corps de l'œsophage est positive par rapport à la pression intragastrique, traduisant une stase dans le corps de l'œsophage (WS : *wet swallow*).

L'achalasie n'est pas la seule cause d'apéristaltisme, cette anomalie peut être enregistrée dans certains cas de sclérodermie, de RGO sévère ou de pseudo-obstruction intestinale chronique. Cependant, chez ces patients, la pression de repos du SIO est faible et il n'y a pas d'élévation de la pression intra-œsophagienne.

Spasmes diffus de l'œsophage

Le critère essentiel du diagnostic est la présence d'un nombre anormalement élevé d'ondes simultanées dans l'œsophage distal, alternant avec des ondes de propagation normale, et associée à un signe clinique tel que la dysphagie et/ou les douleurs thoraciques (figure 1-9). La difficulté a été de définir le pourcentage d'ondes simultanées nécessaire au diagnostic, en effet des ondes simultanées peuvent être enregistrées sur des sujets sains (10 %). Le critère actuellement accepté pour le diagnostic de spasme diffus de l'œsophage est la présence d'ondes simultanées dans l'œsophage distal, après au moins 20 % des déglutitions [14, 15]. L'amplitude de ces ondes doit être > 30 mmHg, sinon l'anomalie doit être classée en motricité inefficace [16, 21]. Des ondes de faible amplitude et simultanées sont enregistrées dans d'autres pathologies telles que la sclérodermie, le RGO, la pseudo-obstruction intestinale chronique et le diabète.

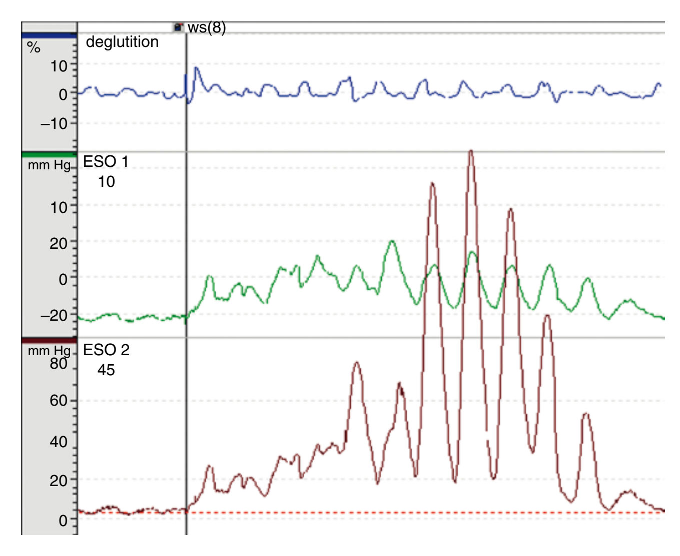


Fig. 1-9. Tracé de manométrie œsophagienne : spasme œsophagien.
L'enregistrement a été réalisé pendant 45 secondes sur trois voies, avec un capteur de déglutition (voie supérieure), et deux orifices dans le corps œsophagien (respectivement à 40 et 45 cm des ailes du nez). La déglutition de 5 mL d'eau, signalée par le trait vertical, provoque l'apparition d'une onde de contraction simultanée, répétitive et de forte amplitude (310 mmHg), qui correspond à un spasme œsophagien. Le diagnostic de maladie des spasmes diffus repose sur l'association d'ondes simultanées dans l'œsophage distal (au moins 20 %) avec des ondes de propagation normale chez un patient symptomatique (WS : *wet swallow*).

D'autres anomalies peuvent être repérées chez ces patients. Il s'agit d'une durée prolongée des ondes, de la présence d'ondes polyphasiques, de l'élévation de la pression de repos du SIO et/ou d'un défaut de relaxation du SIO. L'amplitude élevée des ondes de déglutition n'est pas un critère nécessaire au diagnostic de spasme diffus, cependant chez les patients symptomatiques, l'amplitude a tendance à être plus élevée et les ondes répétitives plus fréquentes.

Œsophage casse-noisettes

Le diagnostic repose sur l'existence d'ondes de déglutition d'amplitude élevée et/ou de durée prolongée, mais sans anomalie du péristaltisme (figure 1-10). Le caractère pathologique de ces troubles moteurs a été longtemps discuté, d'autant que chez ces patients, une fois sur deux, aucune anomalie n'est retrouvée lors d'une seconde manométrie réalisée à distance. Cependant, il a été aussi noté chez certains patients le passage d'un tableau d'œsophage casse-noisettes à celui de spasme diffus de l'œsophage. Il semble que le choix d'un seuil d'amplitude très élevé (> 220 mmHg) permet d'obtenir une meilleure spécificité de cette anomalie [17].

Troubles moteurs non spécifiques

En l'absence des critères précédents, le trouble moteur œsophagien est dit non spécifique. Il s'agit de troubles moteurs très variés comprenant des anomalies du SIO et/ou de la motricité du corps de l'œsophage. Ils comportent de façon isolée ou associée à des degrés divers des anomalies de l'amplitude, de la durée ou de la morphologie des ondes de contraction œsophagienne, et des anomalies de la pression basale ou de la relaxation du SIO. Le plus souvent, la découverte de tels troubles moteurs ne permet pas de mettre en route un traitement spécifique.

Néanmoins, il faut individualiser la motricité inefficace (ou interrompue), qui est caractérisée par une proportion élevée d'ondes de faible amplitude dans le bas œsophage. Initialement, le critère retenu était plus de 30 % des ondes ayant une amplitude < 30 mmHg [22]. Il a été réévalué en utilisant la manométrie haute résolution

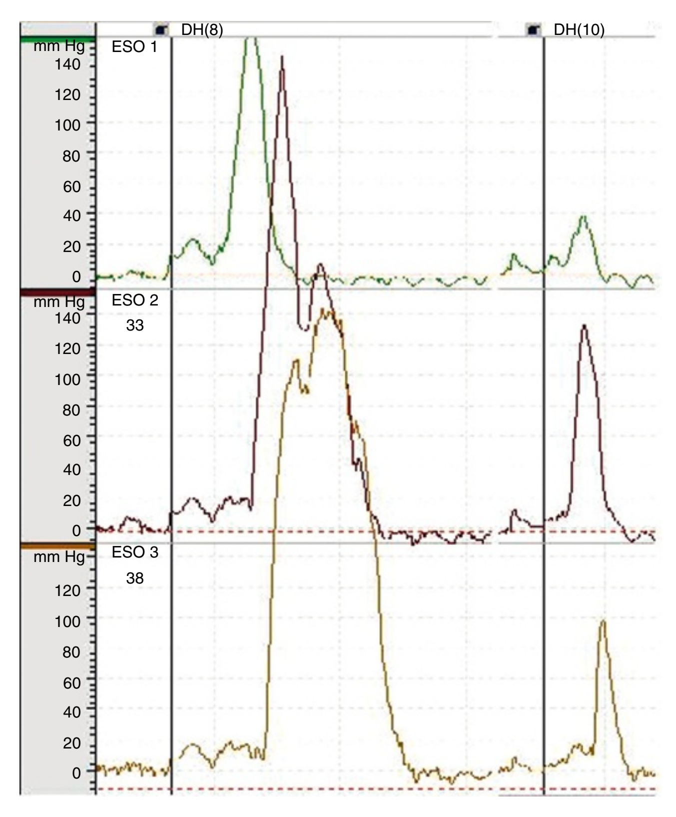


Fig. 1-10. Tracé de manométrie œsophagienne : œsophage casse-noisettes.
L'enregistrement a été réalisé pendant 60 secondes sur trois orifices dans le corps (respectivement à 35, 40 et 45 cm des ailes du nez). La première déglutition de 5 mL d'eau, signalée par le trait vertical, provoque l'apparition d'une onde de contraction propagée, monophasique, mais de très forte amplitude (350 mmHg), et de durée prolongée (13 sec). La deuxième déglutition est normale. DH(8) et DH(10) : déglutition humide (eau).

et est maintenant de 50 % des ondes ayant une amplitude < 30 mmHg [23]. Ce tableau serait associé à un trouble de la clairance œsophagienne. Ces patients ont parfois un long passé de RGO.

Le défaut de relaxation du SIO peut parfois être isolé, avec un péristaltisme normal. Cette anomalie est souvent associée à une hypertonie de repos du SIO et/ou à une augmentation de l'amplitude des ondes de déglutition. Il convient alors de s'assurer de l'absence d'obstacle organique ou fonctionnel au niveau du cardia, puis d'assurer une surveillance régulière.

Dans le cadre d'autres pathologies, la sclérodermie et les connectivites sont souvent associées à des troubles de la motricité œsophagienne ; ces troubles associent une hypotonie de repos du SIO et des ondes de faible amplitude au niveau du muscle lisse situé aux deux tiers inférieurs du corps de l'œsophage [24]. Ces anomalies ne sont malheureusement pas spécifiques.

Indications

La manométrie œsophagienne est indiquée chez les patients dont les symptômes et/ou les investigations morphologiques comme la fibroscopie ou l'imagerie suggèrent un trouble moteur. Il ne s'agit pas d'exploration de première intention et elles doivent être réalisées seulement après que l'histoire, l'examen clinique et la fibroscopie aient éliminé une lésion figurée du tube digestif.

Dysphagie

Elle est l'indication la plus importante de la manométrie œsophagienne. Classiquement, dans les troubles moteurs œsophagiens, la dysphagie est intermittente, capricieuse et parfois paradoxale, car survenant uniquement pour les liquides. Cependant le plus souvent, elle est plus importante avec les solides. Il s'agit d'une indication indiscutable de la manométrie lorsque les patients présentent une dysphagie avec une fibroscopie œsogastrique normale, surtout si la dysphagie est associée à des régurgitations, à une perte de poids ou à une modification significative de l'alimentation. La mise en évidence d'un trouble moteur spécifique, tel que l'achalasie ou les spasmes diffus, permet de démarrer un traitement adapté. Dans cette indication, la mise en évidence de tels troubles moteurs est fréquente, mais il peut également être retrouvé des troubles moteurs non spécifiques avec notamment des contractions de faible amplitude et/ou un péristaltisme interrompu. La place de l'endoscopie digestive en tant qu'examen de première intention dans l'exploration de ces symptômes n'est pas à démontrer. Cependant, la manométrie est le « gold standard » pour la recherche de troubles moteurs œsophagiens. L'endoscopie et le TOGD ont une sensibilité nettement plus faible que la manométrie pour le diagnostic d'une achalasie. La maladie des spasmes diffus, ainsi que les troubles moteurs non spécifiques, sont des entités purement manométriques et ne peuvent donc pas être diagnostiqués par d'autres examens. En présence d'une dysphagie, la manométrie retrouve 19 % d'achalasie et 7 % de spasmes diffus. Dans les spasmes diffus, l'interprétation de la manométrie doit être confrontée au contexte clinique et souvent étayée par d'autres explorations au premier rang duquel se situe la pH-métrie. D'autres explorations peuvent compléter la manométrie (tomodensitométrie, écho-endoscopie) et ne doivent pas être réalisées de façon systématique, mais discutées en fonction du contexte clinique, notamment l'existence d'une altération de l'état général et d'un âge supérieur à 70 ans, et du diagnostic manométrique.

La majorité des anomalies identifiées lors de la manométrie correspondent à des troubles moteurs non spécifiques dont la prévalence est très variable d'une série à l'autre. L'œsophage casse-noisettes peut être isolé au sein de cette identité et défini par l'existence d'ondes normalement propagées mais d'amplitude anormale > 220 mmHg. Ainsi dans plus de 50 % des cas, les signes d'œsophage casse-noisettes disparaissent lors d'un contrôle manométrique alors que les symptômes demeurent échangés.

La signification clinique des troubles moteurs non spécifiques est loin d'être élucidée, bien entendu leur fréquence est plus élevée chez les patients symptomatiques que dans la population générale. Ils semblent correspondre à des anomalies du transit œsophagien. Cependant aucune corrélation significative n'a été mise en évidence entre la présence, l'intensité et l'évolution des signes cliniques et celle des troubles moteurs non spécifiques. En fait, ces anomalies correspondent dans plus d'un tiers des cas à un RGO. Dans cette indication, la manométrie haute fréquence semble avoir une place prometteuse.

Douleurs thoraciques (DT) d'origine indéterminée

Manométrie œsophagienne

Les DT représentent une indication également fréquente de la manométrie œsophagienne. L'exploration de ces DT suppose qu'une pathologie coronarienne ait été éliminée par des examens cardiologiques appropriés (test d'effort, scintigraphie au thallium, coronarographie avec test de provocation). En effet, la mise en évidence d'anomalies motrices œsophagiennes ne permet pas d'éliminer une pathologie cardiaque en raison de la fréquence élevée et de l'intrication de ces deux affections.

Après le bilan cardiologique, l'endoscopie œsogastroduodénale s'impose en premier lieu, pour éliminer une lésion organique digestive. L'apport diagnostic de la manométrie œsophagienne est assez faible, particulièrement lorsqu'il n'y a pas de dysphagie. L'achalasie et la maladie des spasmes diffus de l'œsophage représentent moins de 10 % des patients, l'apport pratique de la mise en évidence d'un œsophage casse-noisettes ou de troubles moteurs non spécifiques est également

imprécis dans cette indication. En fait, avant de réaliser la manométrie œsophagienne, il convient de privilégier auparavant la réalisation d'une pH-métrie œsophagienne sur 24 heures avec l'utilisation d'un marqueur d'événement.

L'utilisation d'enregistrements prolongés ambulatoires du pH et de la motricité œsophagienne permet d'étudier les relations temporelles entre d'une part, les DT et d'autre part, les épisodes de RGO ou les troubles moteurs œsophagiens. Les études montrent que la majorité des épisodes de DT ne sont pas associés à des anomalies manométriques, et que lorsqu'un trouble moteur œsophagien est mis en évidence, il est le plus souvent associé à un RGO. La corrélation temporelle entre les troubles moteurs enregistrés et les DT est faible. De plus, la suppression des troubles moteurs grâce à un traitement adapté n'est pas toujours associée à une diminution des DT.

Il semble que les troubles moteurs œsophagiens soient plutôt un épiphénomène que la cause initiale des DT. Les anomalies motrices seraient l'expression musculaire d'une hypersensibilité primitive ou le facteur de stimulation de mécanorécepteurs au seuil de perception abaissé. Cependant chez certains patients sélectionnés, les troubles moteurs œsophagiens sont responsables des DT.

Tests de provocation

Le test de perfusion acide peut permettre de reproduire les DT lors de la perfusion d'acide chlorhydrique diluée dans l'œsophage distal et le test au Tensilon® en provoquant des contractions œsophagiennes de forte amplitude lors de l'injection intraveineuse d'édrophonium. Le test de distension au ballonnet consiste à gonfler un petit ballon par paliers successifs de 1 mmHg, jusqu'à atteindre la sensation d'inconfort. Ces tests ont une faible sensibilité (20 à 35 %) mais une bonne spécificité (70 à 90 %). L'association des deux tests permet d'augmenter la sensibilité. Lorsqu'ils sont positifs, ces tests identifient l'origine œsophagienne mais n'expliquent le mécanisme exact des DT (trouble moteur, hypersensibilité œsophagienne, RGO). Le test de distension au ballonnet permet d'identifier les patients ayant une hypersensibilité œsophagienne. Cependant, il existe des chevauchements entre les valeurs des sujets sains et des patients, même lorsque la pression ou le volume sont maintenus constants à l'aide d'un barostat. Pour le moment, ces tests sont de moins en moins utilisés du fait de difficultés de matériel (disponibilité des ballonnets de distension œsophagienne), de surveillance (Tensilon®) et de l'absence de retentissement sur la prise en charge thérapeutique.

Reflux gastro-œsophagien

Au cours du RGO, de nombreuses anomalies motrices ont été mises en évidence, et la manométrie a un intérêt majeur en physiopathologie. Elle permet de préciser les mécanismes du RGO, qu'ils soient isolés ou associés :

- diminution de la longueur ;
- hypotonie ;
- augmentation de la fréquence des relaxations transitoires du SIO ;
- anomalies du péristaltisme.

Les relaxations transitoires du SIO représentent le mécanisme principal du RGO. Ce sont des relaxations profondes du SIO, non déclenchées par la déglutition, de durée plus prolongée que les relaxations induites par la déglutition. Ces relaxations transitoires du SIO précèdent la totalité des épisodes de RGO pathologiques et environ les deux tiers des épisodes pathologiques.

Cependant, la spécificité et la sensibilité de ces anomalies motrices ne permettent pas de proposer la manométrie œsophagienne comme test diagnostic du RGO, rôle qui revient à la pH-métrie œsophagienne sur 24 heures avec utilisation d'un marqueur d'événement. Cependant la fréquence et la sévérité des anomalies manométriques semblent corréler à la sévérité des lésions endoscopiques, sans que cet examen puisse avoir un rôle pronostique dans le RGO.

La manométrie n'a pas non plus de rôle dans le choix du traitement du RGO, ce choix repose sur l'évaluation des symptômes et d'éventuelles lésions endoscopiques.

La manométrie a un rôle pour définir la localisation du SIO et permet de positionner avec plus de précision l'électrode de pH-métrie.

La manométrie est recommandée avant la réalisation d'une chirurgie antireflux pour éliminer d'autres diagnostics comme l'achalasie de l'œsophage, dont les régurgitations peuvent parfois être au-devant du tableau, ou une éventuelle sclérodermie. La manométrie permet également dans ces conditions d'éliminer un trouble majeur du péristaltisme œsophagien qui pourrait altérer le résultat chirurgical. Cependant la mise en évidence de troubles moteurs œsophagiens ne représente pas une contre-indication définitive à la réalisation du traitement chirurgical, mais doit faire préciser le rapport bénéfice/risque. Certains auteurs préconisent de réaliser en cas de troubles moteurs significatifs une intervention de Toupet plutôt qu'une intervention de Nissen, mais cette attitude est controversée. La réalisation d'une manométrie préopératoire par ailleurs rend plus facile l'interprétation d'éventuels troubles moteurs œsophagiens diagnostiqués après la réalisation d'une chirurgie antireflux.

Maladies de système

Des anomalies manométriques non spécifiques peuvent être retrouvées dans la sclérodermie. Il peut s'agir de troubles du péristaltisme des deux tiers inférieurs de l'œsophage et d'une hypotonie du SIO. Ces anomalies sont particulièrement fréquentes au cours de la sclérodermie et en présence d'un syndrome de Raynaud. Même si la sclérodermie est responsable d'un profil manométrique assez particulier, ces anomalies ne sont pas spécifiques de ces affections et des anomalies peuvent s'observer en particulier dans le RGO et l'œsophagite peptique. Elles s'observent également dans d'autres maladies de système (CREST syndrome, polymyosite, dermatomyosite et connectivites mixtes). Dans les polymyosites, la mise en évidence d'une atteinte du muscle strié œsophagien a un intérêt pronostique et thérapeutique.

Autres indications

Dans la pseudo-obstruction intestinale chronique, les études ont mis en évidence une proportion élevée de troubles de la motricité œsophagienne. La manométrie pourrait donc avoir un intérêt dans le diagnostic de cette maladie et oriente vers une atteinte nerveuse ou vers une atteinte musculaire.

Dans les diverticules œsophagiens, une manométrie apparaît nécessaire en particulier en cas de diverticule épiphrénique, compte tenu de la fréquence élevée des troubles moteurs qui leur sont associés et qui peuvent modifier les modalités thérapeutiques.

Références

[1] Boulant J, Jian R. Recommandations pour la pratique de la manométrie œsophagienne. Gastroenterol Clin Biol 1998; 22 : 1081–94.
[2] Kahrilas PJ, Clouse RE, Hogan WJ. American Gastroenterological Association technical review on the clinical use of esophageal manometry. Gastroenterology 1994; 107 : 1865–84.
[3] Murray JA, Clouse RE, Conklin JL. Components of the standard oesophageal manometry. Neurogastroenterol Motil 2003; 15 : 591–606.
[4] Pandolfino JE, Kahrilas PJ. AGA technical review on the clinical use of esophageal manometry. Gastroenterology 2005; 128 : 209–24.
[5] Dent J. A new technique for continuous sphincter pressure measurement. Gastroenterology 1976; 71 : 263–7.
[6] Arndorfer RC, Stef JJ, Dodds WJ, Linehan JH, Hogan WJ. Improved infusion system for intraluminal esophageal manometry. Gastroenterology 1977; 73 : 23–7.
[7] Alfa MJ, Ilnyckyj A, MacFarlane N, Preece V, Allford S, Fachnie B. Microbial overgrowth in water perfusion equipment for esophageal/rectal motility. Gastrointest Endosc. 2002; 55 : 209–13.
[8] Stef JJ, Dodds WJ, Hogan WJ, Linehan JH, Stewart ET. Intraluminal esophageal manometry : an analysis of variables affecting recording fidelity of peristaltic pressures. Gastroenterology 1974; 67 : 221–30.
[9] Samsom M, Fraser R, Smout AJ, Verhagen MA, Adachi K, Horowitz M, Dent J. Characterization of small intestinal pressure waves in ambulant subjects recorded with a novel portable manometric system. Dig Dis Sci 1999; 44 : 2157–64.
[10] Hollis JB, Castell DO. Effect of dry swallows and wet swallows of different volumes on esophageal peristalsis. J Appl Physiol 1975; 38 : 1161–4.
[11] Jalil S, Sperandio M, Tutuian R, Castell DO. Are 10 wet swallows an appropriate sample of esophageal motility? Yes and no. J Clin Gastroenterol 2004; 38 : 30–4.
[12] Richter JE, Wu WC, Johns DN, Blackwell JN, Nelson JL 3rd, Castell JA, Castell DO. Esophageal manometry in 95 healthy adult volunteers. Variability

of pressures with age and frequency of "abnormal" contractions. Dig Dis Sci 1987; 32 : 583–92.
[13] Howard PJ, Maher L, Pryde A, Heading RC. Systematic comparison of conventional oesophageal manometry with oesophageal motility while eating bread. Gut 1991; 32 : 1264–9.
[14] Richter JE. Oesophageal motility disorders. Lancet 2001; 358 : 823–8.
[15] Spechler SJ, Castell DO. Classification of oesophageal motility abnormalities. Gut 2001; 49 : 145–51.
[16] Blonski W, Vela M, Safder A, Hila A, Castell DO. Revised criterion for diagnosis of ineffective esophageal motility is associated with more frequent dysphagia and greater bolus transit abnormalities. Am J Gastroenterol 2008; 103 : 699–704.
[17] Agrawal A, Hila A, Tutuian R, Mainie I, Castell DO. Clinical relevance of the nutcracker esophagus : suggested revision of criteria for diagnosis. J Clin Gastroenterol 2006; 40 : 504–9.
[18] Clouse RE, Staiano A. Manometric patterns using esophageal body and lower sphincter characteristics. Findings in 1013 patients. Dig Dis Sci 1992; 37 : 289–96.
[19] Mearin F, Malagelada JR. Complete lower esophageal sphincter relaxation observed in some achalasia patients is functionally inadequate. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol 2000; 278 : G376–83.
[20] Tracey JP, Traube M. Difficulties in the diagnosis of pseudoachalasia. Am J Gastroenterol 1994; 89 : 2014–8.
[21] Tutuian R, Castell DO. Review article : oesophageal spasm – diagnosis and management. Aliment Pharmacol Ther 2006; 23 : 1393–402.
[22] Leite LP, Johnston BT, Barrett J, Castell JA, Castell DO. Ineffective esophageal motility (IEM) : the primary finding in patients with nonspecific esophageal motility disorder. Dig Dis Sci 1997; 42 : 1859–65.
[23] Blonski W, Vela M, Safder A, Hila A, Castell DO. Revised criterion for diagnosis of ineffective esophageal motility is associated with more frequent dysphagia and greater bolus transit abnormalities. Am J Gastroenterol 2008; 1033 : 699–704.
[24] Weston S, Thumshirn M, Wiste J, Camilleri M. Clinical and upper gastrointestinal motility features in systemic sclerosis and related disorders. Am J Gastroenterol 1998; 93 : 1085–9.

Chapitre 2

Explorations fonctionnelles du sphincter supérieur de l'œsophage

Ph. Pouderoux

L'étude du sphincter supérieur de l'œsophage (SSO) s'inscrit dans une stratégie d'exploration des dysphagies hautes (figure 2-1). La première étape est de faire le diagnostic de dysphagie haute. L'aide du neurologue et de l'otorhinolaryngologiste est souvent capitale pour connaître la cause de la dysphagie si les antécédents et l'examen clinique sont non contributifs. L'endoscopie et l'imagerie sont complémentaires à cette étape pour éliminer une pathologie organique pharyngée obstructive. La deuxième étape est la recherche d'un trouble du fonctionnement sphinctérien

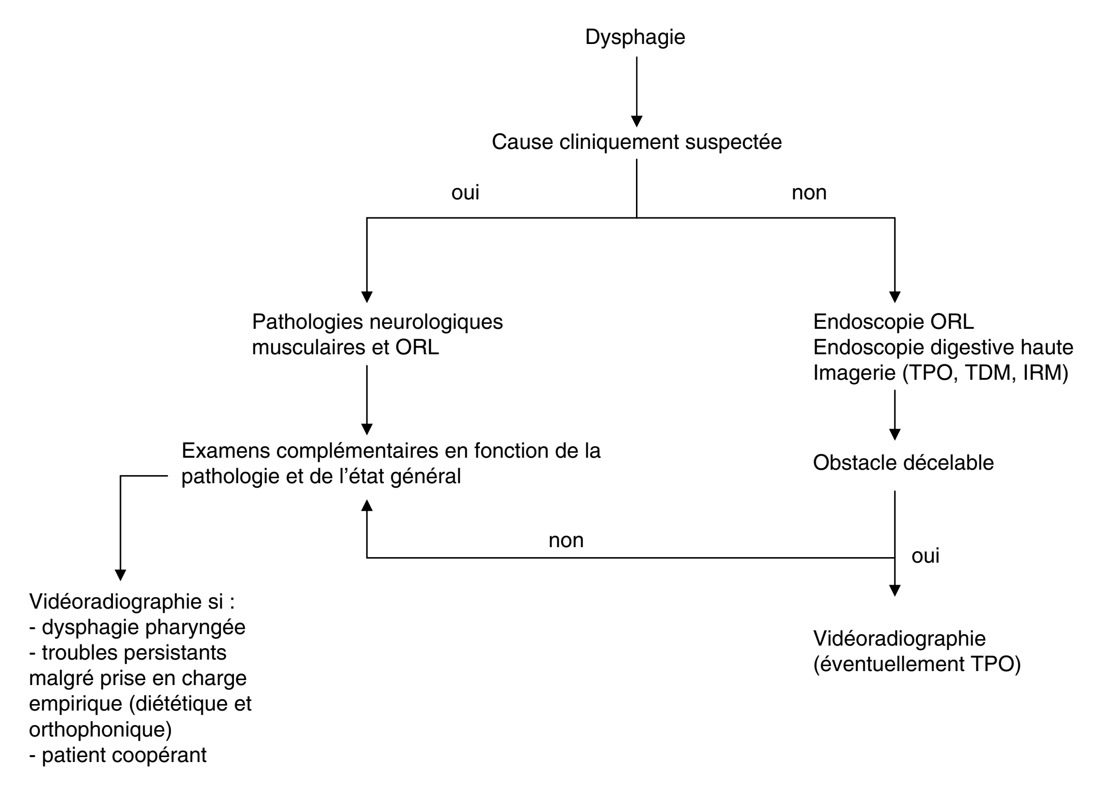


Fig. 2-1. Dysphagies hautes. Stratégie d'exploration.

Les Explorations fonctionnelles digestives

et son intégration au sein d'autres anomalies de la déglutition souvent présentes. Un examen global avec une étude radiologique de la déglutition (vidéoradiographie de la déglutition) est indispensable. La troisième étape est la caractérisation du dysfonctionnement sphinctérien. Les techniques employées sont ici dominées par la manométrie du SSO couplée à la vidéoradiographie (manovidéoradiographie) et pour certaines équipes l'électromyographie (EMG) du cricopharyngien.

Anatomie du sphincter supérieur de l'œsophage

Le SSO est une structure musculocartilagineuse composée du cartilage cricoïde et de muscle strié, dont le principal représentant est le muscle cricopharyngien, les autres muscles étant le constricteur inférieur du pharynx et la musculeuse œsophagienne [1]. Le cricopharyngien s'insère sur les bords latéraux du cartilage cricoïde et encercle en arrière la jonction pharyngo-œsophagienne telle une fronde. Le SSO a ainsi une configuration en fer à cheval à concavité antérieure, le cartilage cricoïde constituant sa paroi antérieure et le cricopharyngien ses parois latérale et postérieure. Il est très mobile; sa position est déterminée par la contraction relative des muscles élévateurs et dépresseurs du larynx. Le cricopharyngien est un muscle à contraction tonique en raison d'une activation vagale continue (noyau ambigu) véhiculée par les rameaux pharyngés du nerf vague via le plexus pharyngé et le nerf laryngé récurrent. L'interruption de l'activité vagale commandée par le centre bulbaire de la déglutition entraîne une relaxation du sphincter.

Physiologie du sphincter supérieur de l'œsophage

La pression du SSO est constituée d'une composante passive indépendante du tonus vagal et d'une composante active en rapport avec la contraction tonique du cricopharyngien contrôlée par le vague. Les valeurs normales des pressions de repos sont très variables en raison de la configuration du sphincter, de la méthode de mesure de pression utilisée et des variations physiologiques du tonus basal. En raison de sa configuration en fer à cheval, la pression de repos a une asymétrie radiale avec des pressions plus élevées dans l'axe antéropostérieur que latéralement. La stimulation pharyngée induit la contraction du cricopharyngien et des constricteurs du pharynx. La stimulation œsophagienne peut entraîner une contraction ou une relaxation ou être sans effet sur le tonus de base selon les conditions expérimentales. Ces réflexes sont à médiation vagale. Le RGO n'entraîne pas de variation du tonus du SSO [1].

L'étude de la physiologie du SSO ne peut être dissociée de celle de la déglutition. Le rôle principal du SSO est d'ouvrir la bouche de l'œsophage au cours de la déglutition, puis de la refermer après la vidange pharyngée du bolus. Lors de la déglutition, le SSO se déplace en haut et en avant sous l'action des muscles élévateurs du larynx et des raccourcisseurs du pharynx. La relaxation du sphincter intervient lorsque le larynx est environ à mi-distance de son point d'élévation maximale, environ 1/10e de seconde avant l'ouverture du SSO [2–4]. Le SSO relaxé conserve une pression résiduelle de 8–10 mmHg. Le mouvement antérieur du cartilage cricoïde résulte surtout de la contraction des muscles sus-hyoïdiens antérieurs qui tractent le SSO en avant et permettent son ouverture. En dehors de la déglutition, l'élévation prolongée et volontaire du larynx (manœuvre de Mendelssohn) peut diminuer la pression du SSO.

Le diamètre d'ouverture maximal du sphincter résulte d'un équilibre entre la force de pression radiale exercée par le bolus sur le sphincter (pression intrabolus ou pression hydrodynamique) et la compliance sphinctérienne [4]. La pression intrabolus est la pression enregistrée avant que la contraction musculaire n'oblitère la lumière pharyngo-œsophagienne et provoque un pic de pression. Son amplitude est corrélée positivement au volume et à la viscosité du bolus dégluti, mais est indépendante de l'amplitude maximale de la contraction pharyngée. La fermeture du SSO coïncide avec l'arrivée de la contraction pharyngée propagée et a lieu lors de la descente du SSO vers sa position de repos [3–5].

Il ne faut pas confondre relaxation et ouverture sphinctérienne. La relaxation est mesurée par manométrie (ou par EMG). Elle est la résultante de la suspension du tonus vagal. L'ouverture est mesurée par la radiologie. Plusieurs facteurs contribuent à l'ouverture du SSO :

- la relaxation sphinctérienne ;
- le mouvement antérieur et supérieur du larynx et le raccourcissement pharyngé ;
- la pression intrabolus ;
- l'élasticité du sphincter.

Une anomalie de chacun de ces éléments peut théoriquement entraîner une perturbation de l'écoulement du bolus et être source de dysphagie. Chez le sujet âgé, la pression intrabolus hypopharyngée est augmentée [6] et l'amplitude d'ouverture du SSO est réduite, suggérant une diminution de l'élasticité du cricopharyngien. Elle est le plus souvent asymptomatique mais peut aggraver une anomalie latente de la déglutition.

Méthodes d'exploration

Vidéoradiographie de la déglutition

C'est un examen essentiel dans l'étude de la mécanique de la déglutition. La déglutition est étudiée systématiquement avec des bolus de volume et de viscosité connus (encadré 2-1). Une endoscopie pharyngolaryngée et/ou œsophagienne est nécessaire au moindre doute sur une lésion muqueuse. La vidéoradiographie détermine certains éléments importants de la mécanique sphinctérienne :

- le temps de déclenchement et l'amplitude des mouvements antérieur et supérieur de l'os hyoïde ;
- la durée et l'amplitude d'ouverture du SSO ;
- la qualité de la vidange pharyngée ;
- la présence d'une inhalation [7].

Elle peut déceler d'autres anomalies de la déglutition aux phases orale, pharyngée et également œsophagienne, car l'atteinte isolée du SSO est rare. Elle permet de quantifier la sévérité de la dysphagie avec l'étude de la durée de la déglutition, la présence d'un résidu pharyngé, la présence d'inhalations avec leurs mécanismes et l'existence d'une toux. L'examen est contre-indiqué ou impossible en cas de troubles de la vigilance, troubles cognitifs sévères, mauvaise compliance, déglutition absente, position assise ou demi-assise impossible, altération sévère de l'état général. Si le transit pharyngo-œsophagien baryté (TPO) est une alternative utile pour le diagnostic d'anomalies anatomiques, sa rentabilité est faible en cas de troubles fonctionnels. La vidéoradiographie souffre cependant d'un certain nombre de limites techniques : la baryte n'est pas un véritable repas ; elle a un aspect, une texture et un goût qui peuvent déplaire ; le nombre de déglutitions est limité, les déglutitions se font sur commande ; l'examen est difficile à répéter car irradiant ; l'environnement d'une salle de radiologie n'est pas convivial ; il est peu répandu bien que techniquement accessible. L'acte (CCAM HQQH002) est peu rémunéré 46,55 € malgré un temps d'interprétation souvent long et des compétences solides

Encadré 2-1

Protocole de vidéoradiographie de la déglutition au CHU de Nîmes

Position assise la tête calée sur un repose-tête. Champ délimité par les lèvres, le palais, le rachis cervical de C2 jusqu'à C7 sur des incidences de profil puis de face :

- incidence de profil :
  - liquide : baryte fluide 1/3 de baryte liquide (Micropaque®) 2/3 d'eau : 2 mL, 5 mL, 10 mL, 20 mL (deux déglutitions par volume testé), déglutition libre au verre (trois déglutitions enchaînées)
  - pâteux : pâte barytée (Microtrast®) : 1 cuillère à café arasée (deux déglutitions)
  - solide : biscuit trempé dans la baryte épaisse
- incidence de face :
  - liquide : baryte fluide 10 ou 20 mL selon les possibilités du patient (deux déglutitions)
  - pâteux : pâte barytée (Microtrast®) : 1 cuillère à café arasée (deux déglutitions)

Optionnel :

- biscuit baryté de face
- champ œsophagien
- manœuvres et postures : la plus fréquente est la déglutition en flexion cervicale

pour son interprétation. La concordance inter- et intra-observateurs, pour l'appréciation de l'amplitude d'ouverture du SSO et la quantification du résidu pharyngé, n'est pas bonne.

Un dysfonctionnement du SSO est suspecté devant une diminution de l'ouverture du SSO associé à une rétention du bolus dans les sinus piriformes. Le dysfonctionnement du SSO n'est cependant pas la seule cause de rétention hypopharyngée (encadré 2-2). Dans les troubles isolés de l'ouverture du SSO, l'obstacle apparaît évident avec une contraction pharyngée visible luttant contre l'obstacle sphinctérien comme pour une barre cricopharyngée. Dans d'autres cas, le pharynx est hypocontractile avec une stase barytée importante et il est difficile de faire la part des choses entre une hypocontractilité primitive, avec limitation de l'ouverture du SSO secondaire à la diminution des forces propulsives, et une hypocontratilité secondaire à l'obstacle sphinctérien. La sévérité de l'atteinte dépend de l'importance de la stase pharyngée, de l'impossibilité d'obtenir la vidange du pharynx par déglutitions multiples et de l'existence d'inhalations. Ces inhalations sont typiquement secondaires à la stase piriforme et surviennent après la déglutition. Le résidu hypopharyngé est en général bilatéral et symétrique, mais il peut être unilatéral en cas d'atteinte incomplète du cricopharyngien. Les retards d'ouverture du SSO sont le plus souvent dus au déclenchement différé de l'ascension laryngée, qui doit survenir avant que la tête du bolus liquide ait franchi les vallécules. Les véritables asynchronismes entre la contraction pharyngée et l'ouverture du SSO sont difficiles à détecter en raison de la résolution temporelle et spatiale insuffisante de cette technique radiologique. La contraction pharyngée peut être occlusive et séquencée (normale), non occlusive et séquencée (par hypocontractilité uni- ou bilatérale, localisée à l'hypopharynx, l'oropharynx ou à la base de langue), non occlusive, non séquencée [8].

Encadré 2-2

Vidéoradiographie de la déglutition : causes du résidu piriforme

1. Trouble de la propulsion pharyngée : hypocontractilité
- les contractions sont non occlusives, le mouvement de la paroi pharyngée est faible ou absent
- parfois les contractions sont simultanées
- localisation :
  - uni- ou bilatérale, totale ou segmentaire
  - base de langue
  - constricteurs du pharynx

2. Trouble de l'ouverture du SSO :
- diminution du mouvement antérieur du larynx et de l'os hyoïde
- ouverture diminuée ou absente : uni- ou bilatérale

3. Trouble de la synchronisation de la déglutition :
- ouverture retardée du SSO
- fermeture précoce du SSO

4. Diverticules ou ectasies hypopharyngés latéraux, régurgitation à partir d'un diverticule de Zenker.

5. Écoulement d'un résidu situé plus en amont : vallécules, langue, base de langue.

Mécanismes souvent intriqués, non spécifiques d'une pathologie.

Manométrie et vidéomanométrie

La zone de haute pression sphinctérienne mesurée par manométrie s'étend sur 2–4 cm de longueur [2, 4, 5]. Les pressions les plus élevées sont enregistrées à 1–1,5 cm au-dessous des cordes vocales sur une longueur de 1 cm environ. Le but principal de la manométrie pharyngosphinctérienne est de quantifier les forces propulsives et résistives exercées sur le bolus lors de la déglutition. Elle détermine avec des techniques adaptées :
- la pression de repos du SSO ;
- le début et l'amplitude de la relaxation du SSO au cours de la déglutition ;
- l'amplitude et le caractère séquencé de la contraction pharyngée ;
- l'amplitude de la pression intrabolus hypopharyngée.

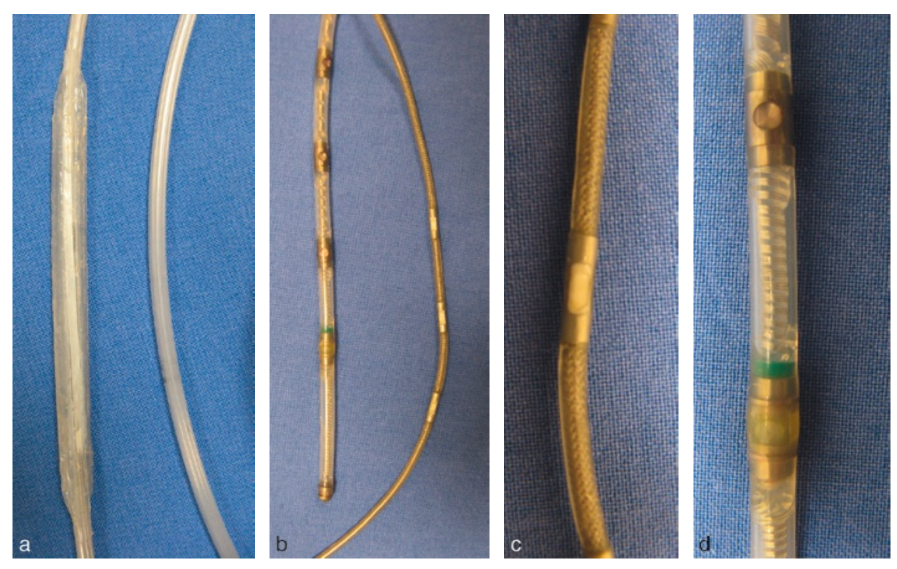


Fig. 2-2. Cathéters utilisés pour la manométrie pharyngo-œsophagienne.
a. Capteurs à membrane perfusée *(sleeve)*.
b, c, d. Capteurs électroniques.

Il existe plusieurs écueils au recueil des pressions pharyngées et sphinctériennes, rendant la manométrie délicate à mettre en œuvre. Au repos, la réflexivité et l'asymétrie sphinctériennes confèrent à la mesure du tonus de base une grande variabilité inter- et intra-individuelle et une médiocre reproductibilité. La mesure du tonus de base du SSO nécessite une sonde sans perfusion pharyngée et doit avoir lieu après plus de 5 minutes d'accoutumance. Par convention, le capteur est orienté vers la paroi postérieure du pharynx où les pressions sont les plus élevées. Au cours de la déglutition, le SSO se déplace vers le haut, le pharynx se raccourcit et la contraction pharyngée (sphincter inclus) est asymétrique, brève, puissante et se déplace rapidement. La mesure dynamique de la pression du SSO lors de la déglutition est techniquement complexe en raison du déplacement supérieur du cathéter sur 1 cm environ par élévation du palais membraneux et du déplacement supérieur du SSO sur 2 à 3 cm. Ces deux événements sont en décalage de phase, de durée et d'amplitude inégales selon les individus et les déglutitions. En conséquence, un capteur de pression situé dans le SSO au repos risque d'être déplacé dans le pharynx, lors de l'élévation du palais, ou dans l'œsophage cervical, lors de l'élévation laryngée, et une chute de pression peut être liée au déplacement du cathéter hors du sphincter plutôt qu'à une relaxation sphinctérienne. L'étude du SSO au cours d'une manométrie œsophagienne classique n'est donc pas fiable et devrait être abandonnée.

Les capteurs électroniques (figure 2-2) sont les plus adaptés pour un enregistrement fiable de l'amplitude de contraction, mais la mobilité du sphincter ne permet pas de mesure continue de la pression intrasphinctérienne pendant la déglutition avec un même capteur (tableau 2-1).

Le capteur de pression à membrane perfusée *(sleeve)*, constitué d'une membrane de 6 cm de long perfusée par une pompe pneumohydraulique à faible compliance, permet de s'affranchir de l'asymétrie axiale et radiale, car il reste dans le sphincter tout le temps de la déglutition et sa configuration en fer à cheval permet théoriquement son orientation naturelle vers la paroi postérieure du pharynx (*cf.* figure 2-2 et figure 2-3a). Ce capteur enregistre la pression maximale s'exerçant en un point quelconque de la membrane, mais sa réactivité diminue progressivement le long de la membrane au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'extrémité perfusée. La réalisation pratique de la manométrie est présentée dans

Tableau 2-1 Avantages et inconvénients du cathéter à membrane et ports perfusés et du cathéter électronique.

Cathéter de manométrie	Avantages	Inconvénients
Cathéter à membrane et à ports perfusés (cathéter de Dent*)	Mesure fiable de la pression du SSO (membrane)	Mesure inadéquate de l'initiation de la contraction sphinctérienne (membrane)
	Mesure fiable de l'initiation de la relaxation du SSO et de son amplitude (membrane)	Mauvaise tolérance de la perfusion pharyngée
	Mesure fiable de la pression intrabolus (port perfusé)	Pas de mesure fiable de l'amplitude de la contraction pharyngée surtout si > 60 mmHg
	Relativement bon marché et robuste	
	Autoclavable	
Cathéter électronique à capteurs unidirectionnels et/ou circonférenciels	Mesure fiable de l'amplitude de contraction pharyngée	Mesure inadéquate de la pression du SSO
	Mesure fiable de l'amplitude de relaxation du SSO	Mesure inadéquate de l'initiation de la relaxation du SSO (excepté si manométrie haute définition)
	Mesure fiable de la pression intrabolus	Cher
	Meilleure tolérance	Fragile
		Stérilisation difficile, excepté si gaine jetable

*Le cathéter de Dent est une sonde munie d'orifices latéraux et d'un capteur à membrane perfusée par une pompe pneumohydraulique de faible compliance. Les capteurs à ports perfusés et les capteurs électroniques unidirectionnels sont fiables pour la mesure du temps de début de la clôture de la lumière pharyngée. La membrane mesure la pression maximale exercée en un point quelconque de sa surface. Les capteurs électroniques circonférentiels, lorsqu'ils sont longs (environ 6 cm), détectent adéquatement la relaxation sphinctérienne lors de la déglutition. Ces capteurs mesurent la résultante des pressions élémentaires qui s'exercent sur la surface du cathéter et non la pression sphinctérienne ponctuelle. Ils n'ont pas été validés pour l'étude de la physiologie du SSO.

l'encadré 2-3. La pression du SSO peut être mesurée avec des capteurs électroniques circonférentiels (manométrie standard ou haute résolution). S'ils sont adaptés à l'asymétrie des pressions radiales du sphincter et du pharynx, un seul capteur ne peut mesurer la pression sphinctérienne au cours de la déglutition. Dans la manométrie haute résolution, chaque capteur électronique circonférentiel mesure 2,5 mm et comprend 12 détecteurs de pression. La manométrie pharyngée nécessite un contrôle radiologique permettant de s'assurer de la position des capteurs. Cette contrainte peut être contournée par le capteur à membrane et par la manométrie haute résolution, l'espacement des capteurs de 1 cm semblant permettre une mesure fiable de la pression du SSO pendant la déglutition [9]. Cependant l'image radiologique permet souvent une aide à l'interprétation de la manométrie.

La manométrie du SSO est difficile à réaliser et à interpréter. Elle n'est pas bien tolérée chez les patients sévèrement dysphagiques avec inhalations fréquentes. Parfois, la sonde ne peut franchir le SSO lorsque l'hypertonie est importante. Ses indications sont les troubles de l'ouverture du SSO décelés en vidéoradiographie de la déglutition. Elle n'est en aucun cas un examen de première intention. Son utilité clinique reste discutée.

Autres techniques

L'EMG du cricopharyngien utilise soit des électrodes intraluminales de surface, soit des électrodes implantées dans le cricopharyngien par voie transcutanée ou par voie endoscopique [10]. L'EMG du muscle cricopharyngien démontre l'inhibition transitoire de l'activité électrique du muscle sphinctérien durant la déglutition. Cependant, cette technique est limitée par l'inconfort occasionné par la présence d'électrodes dans le muscle, le caractère ponctuel de l'activité musculaire mesurée, le risque de désinsertion des électrodes lors de la déglutition, sans mentionner les difficultés techniques de localisation du cricopharyngien. La vidéoendoscopie n'a que peu d'intérêt dans l'étude du SSO.

Dysfonctionnements du sphincter supérieur de l'œsophage

Des troubles de la déglutition en rapport avec un dysfonctionnement du SSO ont été décrits dans de nombreuses maladies, publiés sous forme de cas cliniques ou de petites séries aux résultats

Encadré 2-3

Protocole de manovidéoradiographie au CHU de Nîmes

- Patient à jeun de 6 h
- Position assise avec repose-tête en salle de radiologie, incidence de profil
- Baryte diluée (1/3 baryte, 2/3 d'eau)
- Anesthésie nasale à la xylocaïne gel
- Cathéter de manométrie : *Dentsleeve* avec une membrane avec perfusion antérograde, quatre orifices perfusés pharyngés distants de 1,5 cm et 3 orifices œsophagiens. Chaque orifice perfusé est muni d'un marqueur radio-opaque (*Dentsleeve* puis *MuiScientific*)
- Pompe hydraulique de faible compliance (*Dentsleeve*)
- Appareil de manométrie informatisée avec logiciel dédié au couplage de l'image vidéo et des pressions (*Neomedix*) permettant l'enregistrement de clips vidéo synchronisés au tracé de manométrie
- Zéro de pression, sonde perfusée en position verticale, le milieu de la membrane placé en regard du cartilage cricoïde
- Introduction de la sonde et positionnement sous contrôle radiologique et manométrique (repérage de la zone de haute pression) pour que la membrane perfusée soit toujours dans le SSO et soit orientée contre la paroi postérieure du pharynx
- Fixation de la sonde au nez avec sparadrap
- Mesure de la pression de base :
  - arrêt de la perfusion du cathéter de manométrie excepté la membrane
  - phase d'adaptation de 5 minutes puis enregistrement de la pression de base pendant 2 minutes
- Mesure de la relaxation du SSO : déglutitions sèches ou en l'absence de salive avec bolus de baryte de 2 mL à la seringue avec enregistrement vidéo à chaque déglutition (dix déglutitions)
- Mesure de la pression de contraction pharyngée et de la pression intrabolus :
  - déglutitions de cinq bolus barytés par volume (volumes de 2 mL, 5 mL, 10 mL, 20 mL si possible)
  - mesure de la pression intrabolus (pression enregistrée avant la clôture de la lumière pharyngée sur le capteur)
  - si amplitude de contraction pharyngée > 60 mmHg, introduction d'une sonde électronique trois capteurs (Gaeltec) dans le pharynx, capteurs tournés en arrière (rarement fait : pression > 60 mmHg considérée comme normale)
- Retrait de la sonde, nettoyage puis stérilisation à l'oxyde d'éthylène
- Analyse du tracé manométrique couplé aux clips vidéo enregistrés :
  - SSO : nadir de relaxation (déglutitions sèches), synchronisation de la relaxation par rapport à la contraction pharyngée (relaxation avant la contraction pharyngée), durée (augmente avec les volumes). Avec ce type de sonde, les valeurs normales de relaxation du SSO sont ≤ 10 mmHg pour les patients de plus de 55 ans et de ≤ 13 mmHg pour ceux de moins de 55 ans [8]
  - pharynx : amplitude de contraction, contraction séquencée ou non, pression intrabolus (premier capteur au-dessus de la membrane). La pression intrabolus est faible, en règle < 20 mmHg pour les volumes d'eau ≤ 10 mL [8]

souvent contradictoires (encadré 2-4). Il existe tout d'abord beaucoup de confusion dans l'utilisation indistincte de termes radiologiques, manométriques, voire anatomiques, pour décrire une même anomalie. Ainsi dans l'indentation ou barre cricopharyngée, le rétrécissement de la lumière sphinctérienne a été tour à tour baptisé spasme, hypertonie, achalasie ou hypertrophie du cricopharyngien. Les techniques d'exploration du SSO ne sont souvent pas appropriées. Le dysfonctionnement du SSO est rarement isolé. Il est souvent associé à une atteinte de la musculature pharyngée ou œsophagienne striée. Dans ces cas, la responsabilité du cricopharyngien dans la genèse de la dysphagie est souvent délicate à mettre en évidence. Nous n'abordons pas ici les anomalies structurales de la jonction pharyngo-œsophagienne.

Anomalies du tonus basal

En l'absence de consensus sur les valeurs normales du tonus de repos, on ne peut donner une valeur de pression seuil à partir de laquelle on définit l'hypertonie ou l'hypotonie du SSO. L'hypertonie

Encadré 2-4

Causes de dysphagie attribuée à un dysfonctionnement du SSO

- Maladies neurologiques :
  - accident vasculaire hémisphérique ou du tronc cérébral*
  - sclérose latérale amyotrophique et autres maladies du motoneurone
  - traumatismes crâniens
  - tumeurs du tronc cérébral*
  - autres maladies dégénératives
  - polyradiculonévrites et neuropathies périphériques
  - dysautonomie familiale
  - neuropathie diabétique
- Causes iatrogènes :
  - radiothérapie cervicale
  - chirurgie (thyroïdectomie, laryngectomie)
  - médicaments (benzodiazépines, neuroleptiques)
- Reflux gastro-œsophagien
- Maladies musculaires :
  - dystrophies musculaires (dystrophie oculopharyngée, dystrophie myotonique) et autres myopathies*
  - myosites (dermatomyosite, polymyosite, myosite granulomateuse)*
  - myopathies métaboliques (hyperthyroïdie, hypothyroïdie)
  - myasthénie
- Maladies systémiques :
  - lupus érythémateux
  - sarcoïdose
  - sclérodermie
- Causes ORL :
  - traumatisme cervical
  - cancer ORL, thyroïde, œsophage
  - myopathie restrictive du cricopharyngien (diverticule de Zenker*, barre cricopharyngée*)
  - Syndrome de Plummer-Vinson

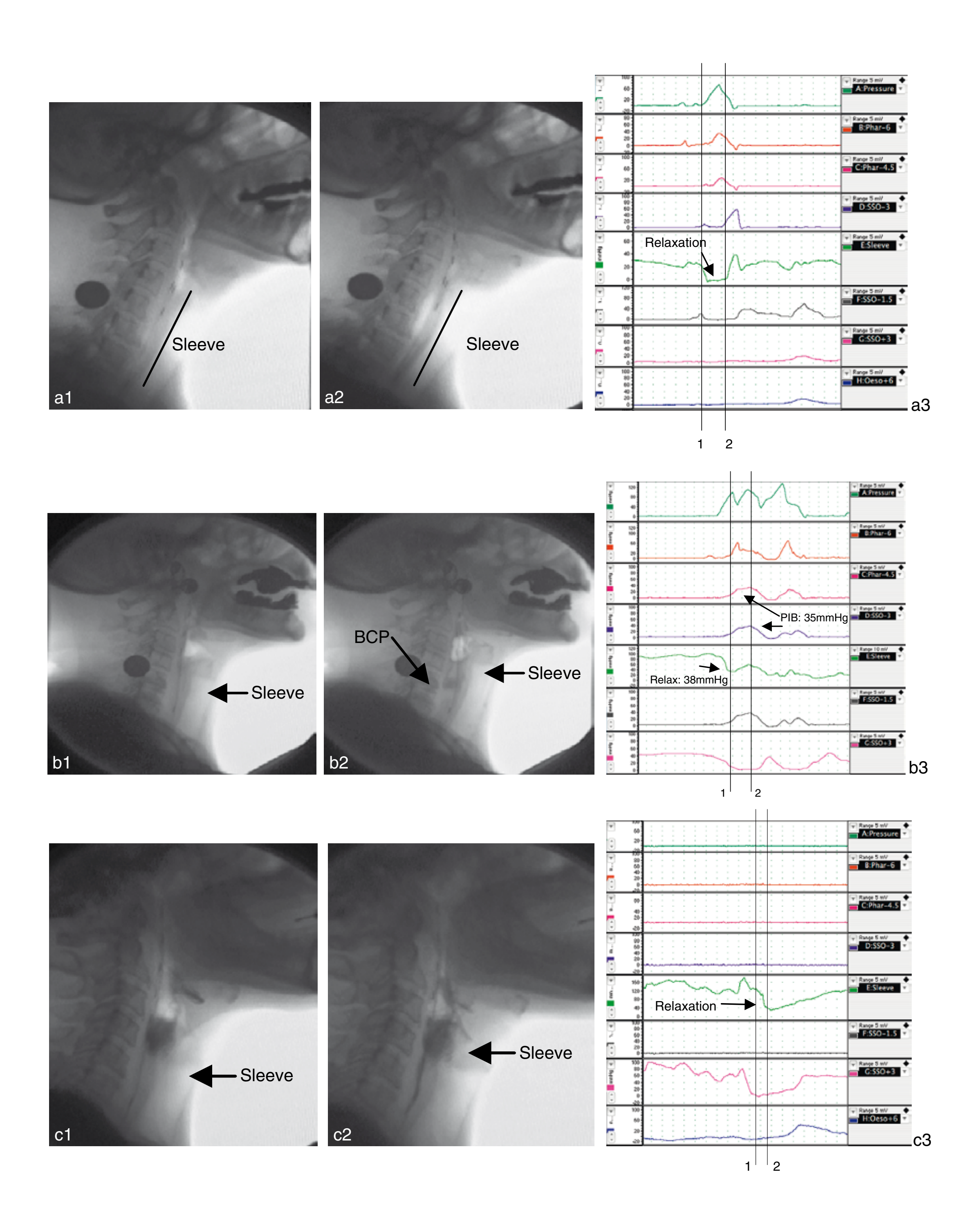
* Un dysfonctionnement du SSO est authentifié par des méthodes fiables d'investigation

du SSO est très rare et probablement sans conséquence clinique si elle n'est pas associée à une relaxation incomplète du sphincter. Des anomalies sphinctériennes telles que l'hypotonie ou l'ouverture permanente du SSO ont été décrites dans des maladies neuromusculaires (sclérose latérale amyotrophique, myasthénie, dystrophie oculopharyngée) ou après chirurgie (thyroïdectomie ou laryngectomie).

Barre ou indentation cricopharyngée

C'est un rétrécissement localisé le plus souvent postérieur du calibre de la lumière du segment pharyngo-œsophagien en regard du cartilage cricoïde. Sa prévalence est estimée entre 5 et 25 % des examens vidéoradiographiques et augmente avec l'âge. Cette anomalie est rarement

Fig. 2-3. Exemples de dysfonctionnement pharyngé explorés par manovidéoradiographie de la déglutition. ▶
a. Maladie de Steinert. Dysphagie aux solides. Relaxation normale du SSO. Contractions pharyngées séquencées d'amplitude diminuée (Pmax < 60 mmHg). Pas de résidu visible sur les images radiologiques.
b. Barre cricopharyngée postérieure obstructive. Dysphagie prédominant sur les solides. Les contractions pharyngées sont simultanées, d'amplitude diminuée et non occlusives dans l'hypopharynx sur les voies C et D et sur les images radiologiques. La pression intrabolus est élevée. Ces signes témoignent d'un obstacle à l'écoulement du bolus. La relaxation du SSO est partielle avec nadir 38 mmHg. La diminution de pression enregistrée sur la membrane (*sleeve* voie E) correspond au glissement progressif de la sonde en dehors du SSO.
c. AVC. Dysphagie majeure avec inhalations traitée par gastrostomie. Contractions pharyngées absentes. Absence d'élévation de la pression intrabolus. Résidu pharyngé baryté. Relaxation incomplète du SSO enregistrée sur la membrane (*sleeve* voie E). La relaxation apparemment complète du SSO voie G correspond à une pseudo-relaxation par déplacement du capteur de pression ou du cathéter en dehors de la zone de haute pression.


Sleeve
a1
Sleeve
a2
Relaxation
a3
1
2
A:Pressure
B:Phar-6
C:Phar-4.5
D:SSO-3
E:Sleeve
F:SSO-1.5
G:SSO+3
H:Oeso+6
Sleeve
b1
BCP
Sleeve
b2
PIB: 35mmHg
Relax: 38mmHg
b3
Sleeve
c1
Sleeve
c2
Relaxation
c3

cause de dysphagie mais peut être un facteur aggravant. Elle est due à une myopathie restrictive du cricopharyngien avec fibrose et atrophie musculaire. Le tonus de base, et la relaxation et la coordination du SSO sont souvent normaux, alors que la pression intrabolus est élevée (figure 2-3b).

Relaxation incomplète ou absente

Son diagnostic est manométrique avec une relaxation du SSO incomplète ou absente lors des déglutitions, souvent associée à une élévation de la pression intrabolus (*cf.* figure 2-3b et figure 2-3c) [8]. L'électromyographie du cricopharyngien ne visualise pas de silence électrique pendant la déglutition. L'examen radiologique peut montrer une ouverture sphinctérienne normale ou une diminution voire une absence d'ouverture du sphincter, car l'amplitude d'ouverture dépend principalement de l'intégrité des forces de propulsion du bolus : si la propulsion oropharyngée est normale, l'élévation adéquate de la pression intrabolus permet une ouverture sphinctérienne normale. La relaxation incomplète ou absente du SSO est rarement isolée. Elle est le plus souvent associée à un trouble de la propulsion ou de la coordination pharyngosphinctérienne. Elle témoigne d'une lésion du centre bulbaire de la déglutition (traumatisme crânien, accident vasculaire cérébral, syringobulbie, maladie de Parkinson). Elle semble le plus souvent être asymptomatique ou paucisymptomatique tant que la contraction pharyngée n'est pas perturbée [8].

Incoordination

Il s'agit d'une modification de la chronologie de la relaxation, de l'ouverture ou de la fermeture du SSO en rapport avec d'autres événements moteurs, clés de la déglutition comme l'initiation de la contraction séquencée de la langue, l'ouverture de la jonction palatoglosse, la fermeture de la jonction vélopharyngée ou du vestibule laryngé. Celle-ci a été décrite dans la maladie de Parkinson, la dystrophie oculopharyngée et dans les lésions du centre bulbaire de la déglutition. Il s'agit là aussi d'une anomalie rarement isolée et il est donc difficile d'évaluer son importance spécifique.

Conclusion

Les troubles de la déglutition sont très fréquents. Parmi ceux-ci, les troubles du fonctionnement du SSO sont rares et exceptionnellement isolés en dehors du diverticule de Zenker et de la barre cricopharyngée. L'exploration clé de la déglutition reste la vidéoradiographie. La manométrie pharyngo-œsophagienne joue un rôle complémentaire limité aux doutes sur un dysfonctionnement du SSO. L'étude systématique du SSO au cours d'une manométrie œsophagienne perfusée classique n'est pas fiable et devrait être abandonnée. Les troubles de la relaxation ou de l'ouverture du SSO sont accessibles à différents traitements :

- rééducation par exercices de tonification des muscles sus-hyoïdiens ;
- dilatation pneumatique ;
- injection de toxine botulique ;
- myotomie du cricopharyngien par voie endoscopique ou chirurgicale.

Ils peuvent permettre à des patients sélectionnés une reprise ou une facilitation de l'alimentation orale. Les patients atteints de dysfonctionnements du SSO dominants ou isolés sont trop peu nombreux pour que ces traitements puissent être comparés.

Références

[1] Pouderoux P. Physiologie et dysfonctionnement du sphincter supérieur de l'oesophage. Gastroenterol Clin Biol 1998 ; 22 : 613–30.
[2] Kahrilas PJ, Logemann JA, Lin S, Ergun GA. Pharyngeal clearance during swallowing : a combined manometric and videofluoroscopic study. Gastroenterology 1992 ; 103 : 128–36.
[3] Kahrilas PJ, Dodds WJ, Dent J, Logemann JA, Shaker R. Upper esophageal sphincter function during deglutition. Gastroenterology 1988 ; 95 : 52–62.
[4] Cook IJ, Dodds WJ, Dantas RO, Massey B, Kern MK, Lang IM, Brasseur JG, Hogan WJ. Opening mechanism of the human upper esophageal sphincter. Am J Physiol 1989 ; 257 : G748.

[5] Pouderoux P, Kahrilas PJ. Function of the upper esophageal sphincter during swallowing : the grabbing effect. Am J Physiol 1997 ; 272 : G1057–63.
[6] Shaw DW, Cook IJ, Gabb M, Holloway RH, Simula ME, Panagopoulos V, Dent J. Influence of normal aging on oral-pharyngeal and upper esophageal sphincter function during swallowing. Am J Physiol 1995 ; 268 : G389–96.
[7] Logemann JA. Manual for the videofluorographic study of swallowing. 2nd ed. Austin : Pro-Ed ; 1986.
[8] Williams RBH, Wallace KL, Ali GN, Cook IJ. Biomechanics of failed deglutitive upper esophageal sphincter relaxation in neurogenic dysphagia. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol 2002 ; 283 : G16–G26.
[9] Ghosh SK, Pandolfino JE, Zhang Q, Jarosz A, Kahrilas PJK. Deglutitive upper esophageal sphincter relaxation : a study of 75 volunteer subjects using solid-state high-resolution manometry. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol 2006 ; 291 : G525–31.
[10] Ertekin C, Aydogdu I. Electromyography of human cricopharyngeal muscle of the upper esophageal sphincter. Muscle Nerve 2002 ; 26 : 729–39.

Chapitre 3

Manométrie haute résolution du tube digestif

S. Roman, F. Mion

La manométrie haute résolution (HR) a été développée, initialement pour l'œsophage, au début des années 1990 par Clouse et Staiano [1]. Elle se distingue de la manométrie classique grâce à deux innovations :

- l'augmentation du nombre de points de mesure de pression ;
- une représentation spatiotemporelle des variations de pression.

L'augmentation du nombre de capteurs de pression et le faible espace entre deux capteurs (moins de 2 cm) permettent une analyse plus précise de la motricité, notamment au niveau des sphincters. Ainsi, l'étude de l'anatomie fonctionnelle des sphincters et des différents segments du tube digestif devient possible [2].

D'abord utilisée pour la recherche, la manométrie HR a désormais différentes applications cliniques pour l'étude de la motricité œsophagienne. Elle est en cours d'évaluation pour la manométrie anorectale. Enfin, elle a été proposée pour des explorations de la motricité antroduodénale [3] et colique.

Principes de la technique

Augmentation du nombre de capteurs de pression

La première avancée de la manométrie HR repose sur l'augmentation du nombre de mesures de pression. La technique initiale décrite par Clouse utilisait des sondes œsophagiennes perfusées comportant 18 à 32 capteurs de pression. Plus récemment, le développement de nouveaux capteurs solides a permis la fabrication de sonde comportant 36 capteurs de pression espacés les uns des autres de 1 cm (système Sierra®). Ces capteurs occupent toute la circonférence de la sonde. Pour chaque capteur, la pression est mesurée en 12 points et la résultante est la moyenne des 12 points de mesure. Ainsi, pour un niveau donné, la pression mesurée ne correspond pas à une mesure unique en un seul point, mais elle reflète la pression exercée sur toute la circonférence de la zone étudiée (sphincters, corps de l'œsophage…). Cette mesure circonférentielle permet donc de s'affranchir des variations de pression secondaire, par exemple à l'asymétrie radiale des sphincters.

Les variations de pression induites par les mouvements de la sonde peuvent également être différenciées de celles secondaires à une relaxation, notamment au niveau des sphincters.

Enfin, le temps de réponse des capteurs solides est inférieur à celui des sondes perfusées utilisées en manométrie conventionnelle. Ceci rend donc possible l'étude des variations rapides de pression, notamment au niveau des muscles striés du pharynx et du sphincter supérieur de l'œsophage.

Représentation spatiotemporelle des variations de pression

La deuxième avancée est le traitement informatique de l'important volume de données apportées

Les Explorations fonctionnelles digestives

par la manométrie HR. Ces dernières sont présentées en fonction du temps non plus sous la forme de courbes de variation de pression mais en trois dimensions : les variations de pression (représentées par un code couleur) sont données en fonction de la position anatomique des capteurs et en fonction du temps (figure 3-1).

Cette méthode de représentation permet de visualiser les relations entre les forces de propulsion (représentées par les variations de pression induites par l'activité contractile), la clairance du bolus (représentée par la pression intrabolus) et les forces de résistance (pression sphinctérienne résiduelle et gradient de pression trans-sphinctérien).

Matériel

La manométrie HR peut être réalisée avec des sondes perfusées par des microcathéters ou avec des sondes comportant des capteurs solides (figure 3-2).

Les sondes perfusées comportent 21 à 32 microcathéters. Leur utilisation nécessite une pompe pneumohydraulique et des microperfuseurs pour permettre une perfusion en débit très faible (0,08 mL/min).

Les sondes avec capteurs solides comportent jusqu'à 36 capteurs. Elles sont à usage multiple. Chaque sonde est conçue pour la réalisation d'au moins 200 examens. Leur utilisation nécessite le placement d'une gaine de protection à usage unique avant chaque examen. L'étanchéité de cette gaine doit être vérifiée après utilisation. En cas de non-étanchéité, une désinfection de la sonde doit être réalisée.

Pour chacun des systèmes (perfusés ou capteurs solides), le système informatique comporte un logiciel dédié pour l'acquisition des données et pour leur analyse.

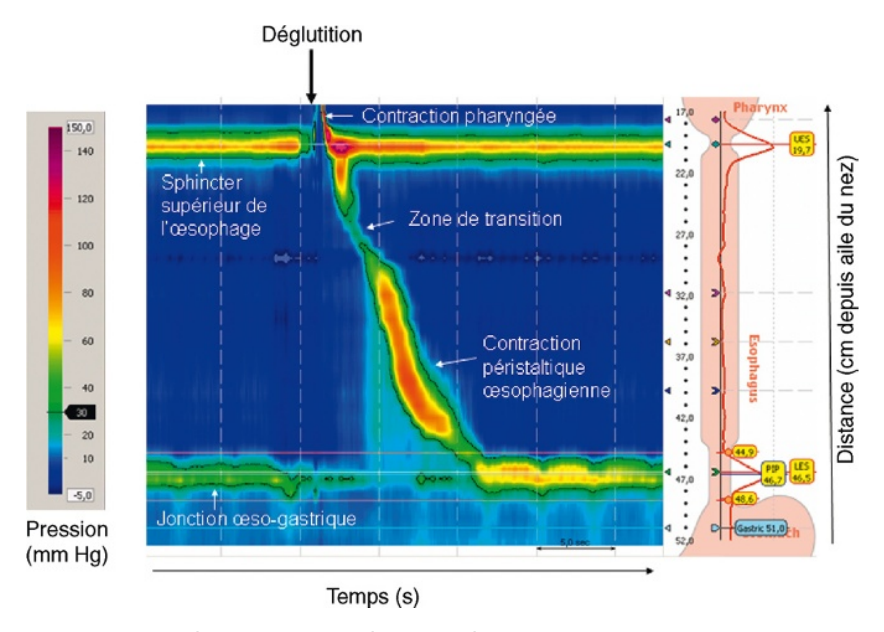


Fig. 3-1. Aspect normal d'une déglutition en manométrie haute résolution.
Les variations de pression sont enregistrées depuis le pharynx jusqu'à la partie haute de l'estomac en fonction du temps. L'amplitude de ces variations (mesurées en mmHg) est exprimée par une échelle colorimétrique. La ligne de contour isobarique 30 mmHg est représentée par un trait noir.
Au repos, la zone de haute pression la plus élevée située correspond au sphincter supérieur de l'œsophage, la deuxième à la jonction œsogastrique. Lors de la déglutition, une onde de contraction apparaît dans le pharynx, la pression diminue au niveau du sphincter supérieur de l'œsophage (relaxation), puis une onde de contraction œsophagienne péristaltique survient. À la jonction entre le tiers supérieur et le tiers moyen de l'œsophage, l'amplitude de l'onde de contraction est moindre : il s'agit de la zone de transition (correspondant à la jonction entre le muscle strié et le muscle lisse). Enfin, la relaxation de la jonction œsogastrique survient dès le début de la déglutition.

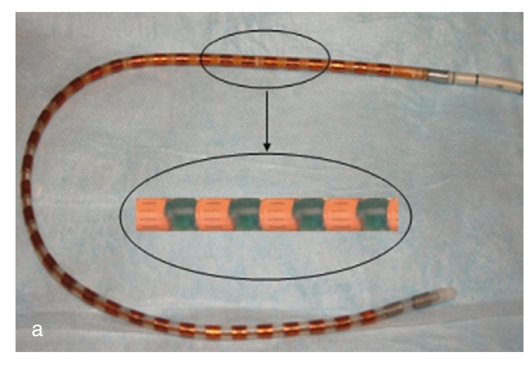




Fig. 3-2. Sondes œsophagienne (a) et anorectale (b) avec capteurs solides.

Manométrie œsophagienne haute résolution

Réalisation de l'examen

L'examen est réalisé chez un patient à jeun en position couchée ou assise. La sonde est introduite dans l'œsophage par voie transnasale. Son positionnement est aisé. Les deux zones de haute pression, correspondant respectivement au sphincter supérieur et au sphincter inférieur de l'œsophage, sont facilement repérables et permettent de vérifier le positionnement correct de la sonde. Les variations de pression, lors des mouvements respiratoires, et notamment la contraction diaphragmatique, lors de l'inspiration, aident au repérage du passage de l'œsophage intrathoracique à la cavité gastrique intra-abdominale.

Une fois en place, la sonde est fixée au niveau nasal. Le retrait progressif de la sonde n'est pas nécessaire comme pour la manométrie conventionnelle puisque, compte tenu du nombre de capteurs de pression, des mesures sont effectuées simultanément du pharynx jusqu'à l'estomac. Cette absence de retrait de sonde peut améliorer la tolérance de l'examen. Cependant, à ce jour, aucune étude n'a comparé la tolérance de la manométrie classique à celle de la manométrie HR.

L'enregistrement débute par une période basale où il est demandé au patient de ne pas déglutir. Cette période permet l'enregistrement de la localisation et des pressions du sphincter supérieur de l'œsophage (SSO) et de la jonction œsogastrique (JOG). Puis l'étude de la motricité œsophagienne est réalisée au cours de déglutitions de 5 à 10 mL de liquide, effectuées à intervalles réguliers. Des déglutitions répétées de volume croissant de liquide, de solide ou la prise de repas tests est également possible au cours de l'examen.

L'analyse de l'enregistrement se fait une fois l'examen terminé, aidée par une analyse automatique des périodes d'intérêt.

Interprétation

Examen normal

Les variations de pression sont étudiées dans le même temps depuis le pharynx jusqu'à la jonction œsogastrique. Elles sont le reflet des contractions et des relaxations survenant au niveau des sphincters et du corps de l'œsophage.

Comme pour la manométrie conventionnelle, une analyse topographique des variations de pression est réalisée [2]. Elle est couplée à une analyse fonctionnelle grâce notamment à l'étude de la clairance du bolus pharyngé et œsophagien. L'équipe de Chicago a récemment décrit l'aspect normal de la motricité œsophagienne en manométrie haute résolution et a proposé une classification des principaux troubles moteurs [4] (tableau 3-1).

Analyse topographique

Pharynx et sphincter supérieur de l'œsophage

L'analyse des variations de pression dans le pharynx et au niveau du sphincter supérieur de l'œsophage en plusieurs points espacés les uns des autres de 1 cm permet de s'affranchir des artéfacts liés à l'ascension du larynx lors des déglutitions. De plus, l'utilisation de capteurs solides autorise l'enregistrement de rapides variations de pression observées au niveau des muscles striés.

Tableau 3-1 Classification de Chicago pour les troubles moteurs œsophagiens.

Jonction œsogastrique	Motricité dans le corps de l'œsophage	Type de troubles moteurs
Pression de repos 10–35 mmHg Relaxation normale (pression résiduelle < 15 mmHg)	Ligne de contour isobarique intacte à 30 mmHg pour les contractions distales VFP < 8 cm/s DCI < 5000 mmHg.s.cm	Manométrie normale
Relaxation incomplète ou absente (pression résiduelle > 15 mmHg)	Apéristaltisme (absence de ligne de contour isobarique à 30 mmHg dans l'œsophage distal)	Achalasie
	VFP < 8 cm/s	Achalasie Obstruction fonctionnelle
	VFP > 8 cm/s pour au moins 20 % des déglutitions	Achalasie vigoureuse Obstruction fonctionnelle sévère
Pression de repos < 10 mmHg	VFP < 8 cm/s DCI < 5000 mmHg.s.cm	Hypotonie du sphincter inférieur de l'œsophage
	Apéristaltisme	Sclérodermie Achalasie traitée RGO
Pression de repos > 35 mmHg Relaxation normale (pression résiduelle < 15 mmHg)	VFP < 8 cm/s DCI < 5000 mmHg.s.cm	Hypertonie du sphincter inférieur de l'œsophage
Pression de repos 10–35 mmHg Relaxation normale (pression résiduelle < 15 mmHg)	Apéristaltisme (absence de ligne de contour isobarique à 30 mmHg dans l'œsophage distal)	Sclérodermie Achalasie traitée RGO
	Defect de plus de 2 cm dans la ligne de contour isobarique 30 mmHg pour les contractions distales pour au moins 30 % des déglutitions	Hypopéristaltisme
	VFP < 8 cm/s DCI > 5000 mmHg.s.cm	Œsophage casse-noisettes
	VFP > 8 cm/s pour au moins 20 % des déglutitions	Spasmes œsophagiens

VFP : vitesse du front de pressurisation ; DCI : intégrale de contraction distale *(distal contractile integral).*

Les ondes de contraction pharyngées sont facilement repérées tout comme la relaxation du SSO. Des valeurs normales ont été rapportées par l'équipe de Chicago [5] ainsi que dans une série japonaise [6]. Les index utilisés par l'équipe de Chicago ne sont actuellement pas calculables avec les logiciels des systèmes de manométrie HR commercialisés. Dans la série japonaise sont présentées des valeurs moyennes dans une population normale pour :

- la pression de repos du SSO (62 à 70 mmHg) ;
- l'amplitude des ondes de contraction dans :
  - le vélopharynx (125 à 163 mmHg),
  - l'hypopharynx (167 à 183 mmHg).

Corps de l'œsophage

La déglutition pharyngée est suivie d'une diminution de pression, appelée « inhibition déglutitrice », au niveau de l'œsophage et de la jonction œsogastrique. Cette relaxation facilite le passage du bolus grâce à une moindre résistance à l'écoulement. Elle est suivie d'une onde de contraction péristaltique dans le corps de l'œsophage afin de propulser le bolus. Les ondes de contraction œsophagienne sont parfaitement identifiées par la manométrie HR. Deux ondes distinctes sont le plus souvent visualisées, l'une dans l'œsophage proximal et l'autre dans l'œsophage distal. Ces deux ondes sont séparées par une zone de pression plus basse appelée zone de transition (*cf.* figure 3-1). Cette zone correspond à la jonction entre le muscle strié œsophagien et le muscle lisse. Elle dure généralement moins d'une seconde et s'étend sur une hauteur de moins de 2 cm [7].

Pour être considérée comme normale, une onde de contraction œsophagienne doit présenter une ligne de contour isobarique non interrompue à 30 mmHg dans l'œsophage distal (*cf.* figure 3-1).

L'hypopéristaltisme est défini par une interruption de cette ligne sur plus de 2 cm dans l'œsophage distal et l'apéristaltisme par une absence de ligne de contour isobarique 30 mmHg dans l'œsophage distal.

La caractérisation des ondes de contraction dans le corps de l'œsophage est basée sur l'étude de la vitesse de propagation et de l'amplitude des contractions [4].

La vitesse de propagation des ondes de contraction œsophagienne est estimée par la vitesse du front de pressurisation (VFP) dans l'œsophage distal [4]. Elle correspond à la pente de la droite reliant le bord distal de la zone de transition au bord supérieur de la JOG à l'isocontour 30 mmHg. La VFP est normale si elle est inférieure à 8 cm/s. Lorsque la VFP est élevée, ceci peut correspondre à une onde de contraction œsophagienne rapidement propagée ou à une augmentation de la pression dans le corps de l'œsophage (appelée pressurisation) secondaire à un obstacle à l'écoulement du bolus dans le corps de l'œsophage. Dans le premier cas, les lignes d'isocontour à différentes pressions sont parallèles au contraire de ce qui est observé en cas de pressurisation de l'œsophage (figure 3-3).

L'intensité de la contraction est appréciée dans le segment œsophagien distal par le calcul de l'intégrale de contraction distale (DCI : *distal contractile integral*) [4]. La DCI est le produit de la longueur du segment œsophagien distal (mesuré en cm depuis la zone de transition jusqu'au bord supérieur de la jonction œsogastrique) par la durée de la contraction en secondes et par la pression moyenne dans cette fenêtre en mmHg. Elle est normale lorsqu'elle est inférieure à 5000 mmHg.s.cm.

Jonction œsogastrique

L'utilisation de la manométrie HR facilite l'identification de la jonction œsogastrique ; la technique de retrait n'est pas nécessaire et les limites de cette jonction sont facilement repérées même en cas d'ascension de la JOG, lors des mouvements respiratoires, par exemple.

Les deux composantes de la jonction œsogastrique, le sphincter inférieur de l'œsophage (SIO) et le diaphragme crural (DC), peuvent apparaître sous la forme de deux zones de haute pression distinctes, notamment en cas de hernie hiatale (figure 3-4).

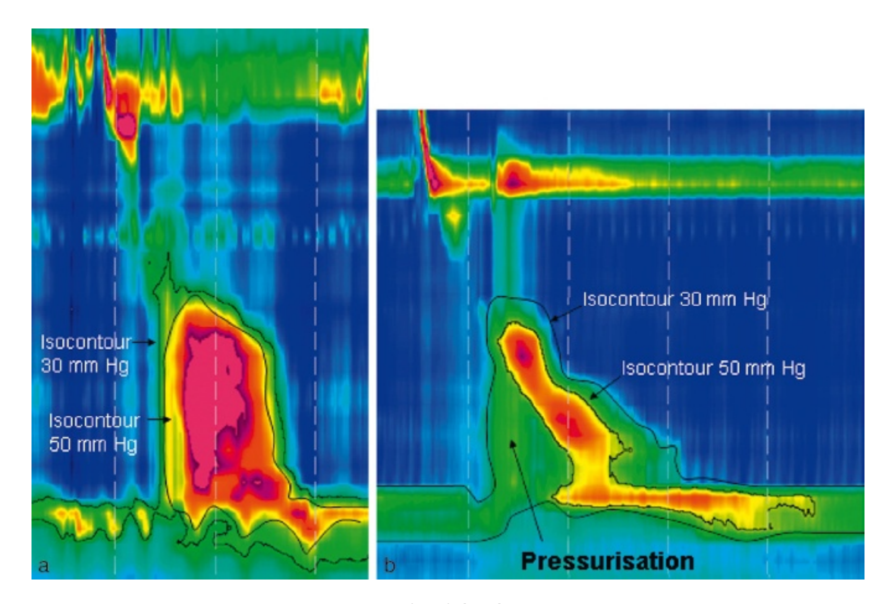


Fig. 3-3. Exemples de vitesse du front de pressurisation (VFP) élevée.
a. Les lignes d'isocontour 30 et 50 mmHg sont parallèles, la VFP élevée correspond donc à une onde de contraction rapidement propagée.
b. L'absence de parallélisme entre les lignes d'isocontour 30 et 50 mmHg traduit une pressurisation du corps de l'œsophage.

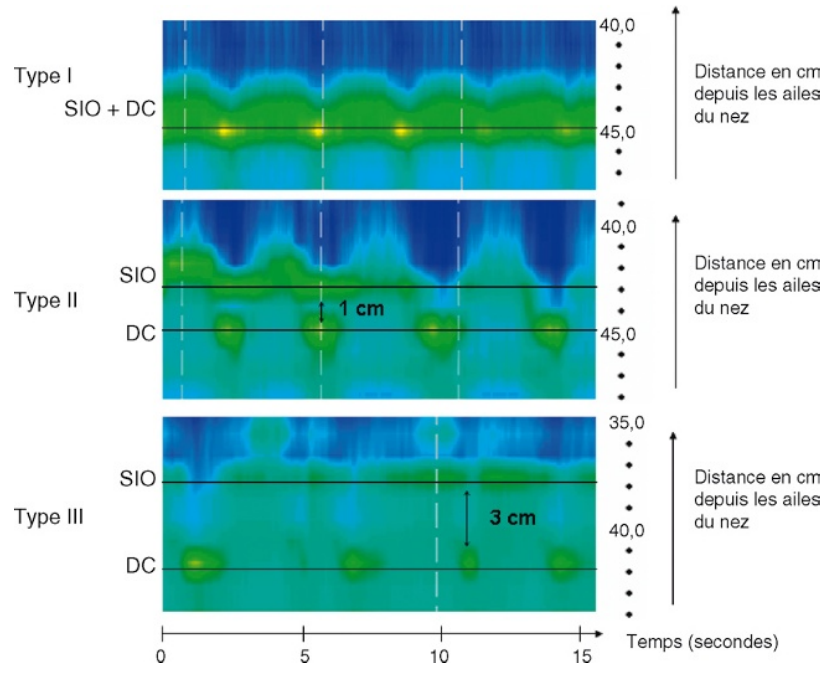


Fig. 3-4. La jonction œsogastrique est composée du sphincter inférieur de l'œsophage (SIO) et du diaphragme crural (DC). Lorsque ces deux composants sont superposés, la jonction œsogastrique est de type I.
La jonction œsogastrique de type II correspond à une séparation identifiable entre le sphincter inférieur de l'œsophage et le diaphragme crural. Cette séparation est supérieure à 1 cm mais inférieure à 2 cm lors de l'inspiration.
La jonction œsogastrique de type III correspond à une séparation de plus de 2 cm entre le sphincter inférieur de l'œsophage et le diaphragme crural. Cette séparation signe la hernie hiatale manométrique.

La pression basale normale de la JOG est comprise entre 5 et 35 mmHg [4].

En manométrie conventionnelle, l'étude fonctionnelle précise de la JOG nécessite l'utilisation d'une sonde avec un manchon de Dent (*Dentsleeve*) [8] afin de s'affranchir des mouvements de bas en haut de la JOG. Le manchon perfusé de 6 cm de long est placé à cheval sur la jonction œsogastrique et permet de mesurer la pression maximale détectée par unité de temps sur cette portion de 6 cm. La manométrie HR remplace avantageusement ce système par la *e-sleeve* (manchon électronique) que l'on positionne de part et d'autre de la JOG pour mesurer la pression maximale par unité de temps dans cette fenêtre. Ainsi, la relaxation lors des déglutitions est étudiée dans l'espace situé entre le bord inférieur de la JOG et 2 cm au-dessus du bord supérieur de la JOG sur une période débutant avec l'ouverture du SSO et se terminant lors de l'arrivée de l'onde de contraction péristaltique au niveau de la JOG (ou pendant 10 secondes en cas d'apéristaltisme). La relaxation de la JOG est quantifiée par la pression résiduelle minimale mesurée à l'aide du manchon électronique sur une période de 3 secondes consécutives. La pression résiduelle normale est inférieure à 15 mmHg. L'équipe de Chicago a également proposé d'utiliser la mesure de la pression résiduelle sur une période de 4 secondes non consécutives. Ce calcul n'est pas actuellement disponible dans le logiciel d'analyse et les résultats donnés par la mesure de la pression résiduelle sur 3 secondes semblent aussi fiables que ceux donnés sur 4 secondes [7].

Enfin, les relaxations transitoires du sphincter inférieur de l'œsophage sont identifiables en manométrie HR. Elles surviennent en l'absence de déglutition et concernent les deux composantes de la JOG. Elles s'accompagnent d'un raccour-

cissement du corps de l'œsophage et, en cas de reflux associé, d'un gradient de pression positif entre la cavité gastrique et le corps de l'œsophage ou phénomène de cavité commune.

Analyse fonctionnelle

La clairance des bolus œsophagiens peut être analysée en manométrie HR. Elle dépend non seulement des forces de propulsion exercées par les ondes de contraction pharyngées ou œsophagiennes mais également de la résistance à l'écoulement du bolus au travers des sphincters. L'étude des gradients de pression trans-sphinctériens permet une estimation indirecte de la clairance du bolus.

Ainsi, lors de l'ouverture du SSO et du passage du bolus du pharynx vers l'œsophage, les pressions pharyngée et œsophagienne s'égalisent. S'il persiste un gradient de pression pharyngo-œsophagien alors que le SSO est ouvert, ceci reflète un obstacle fonctionnel ou anatomique à l'écoulement du bolus (figure 3-5). Par ailleurs, la localisation du gradient de pression maximal correspond à la localisation de l'obstacle. Enfin en cas d'obstacle, l'amplitude du gradient est proportionnelle au volume dégluti : le gradient est d'autant plus important que le volume dégluti est élevé [9].

Pour la jonction œsogastrique, les mêmes constatations peuvent être faites (figure 3-6). Le gradient trans-sphinctérien normal est en moyenne de 2,2 mmHg (les valeurs du 5e et du 95e percentile dans une population de 75 sujets normaux sont respectivement de –3,4 et de 6,9 mmHg) [10].

Une autre méthode d'analyse de la clairance œsophagienne a été proposée par Pandolfino *et al.* : la mesure de la période permettant le passage du flux (*flow permissive time*) [11]. Le passage du flux à travers la jonction œsogastrique est possible lorsque la pression intrabolus est supérieure à la pression résiduelle au niveau de la JOG. Plus la durée de cette période (appelée *flow permissive time*) est longue, plus la probabilité de clairance complète du bolus est grande. Une durée inférieure à 2,5 secondes prédit l'existence d'une clairance incomplète du bolus avec une sensibilité de 86 % et une spécificité de 92 %, alors qu'un trouble du péristaltisme œsophagien prédit une clairance incomplète du bolus avec une sensibilité et une spécificité moindres (respectivement 48 et 88 %).

Pathologies

Les différentes pathologies identifiées par la manométrie conventionnelle le sont aussi par la

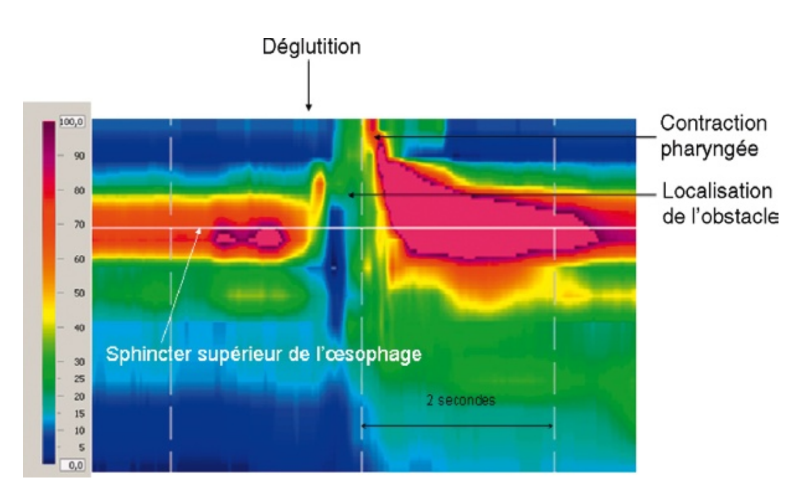


Fig. 3-5. Le gradient de pression trans-sphinctérien témoin d'un obstacle fonctionnel à l'écoulement du bolus.
Lors de la déglutition, la pression diminue au niveau du sphincter supérieur de l'œsophage et l'onde de contraction pharyngée survient. La pression dans le pharynx reste toujours supérieure à celle dans l'œsophage. La limite nette entre la pression pharyngée et la pression œsophagienne permet de localiser l'obstacle.

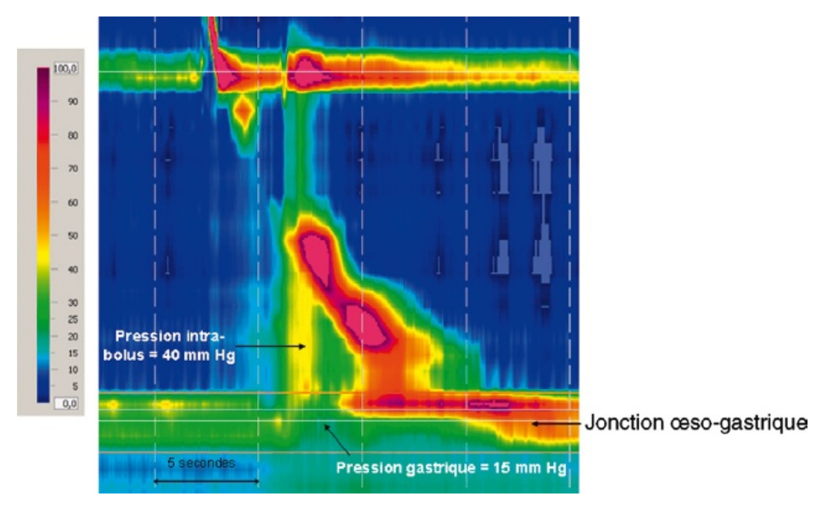


Fig. 3-6. Chez ce patient aux antécédents de fundoplicature de Nissen, lors des déglutitions, la pression intrabolus reste supérieure à la pression intragastrique. Ce gradient de pression trans-sphinctérien traduit la difficulté à l'écoulement du bolus à travers la jonction œsogastrique.

technique haute résolution avec une sensibilité qui pourrait être meilleure [1, 12]. La classification des troubles moteurs œsophagiens proposée par l'équipe de Chicago, à partir des données fournies par la manométrie HR, repose sur l'étude de la relaxation de la jonction œsogastrique et de la motricité dans le corps de l'œsophage (*cf.* tableau 3-1). La manométrie HR permet également la mise en évidence d'anomalies de la motricité pharyngée et de la relaxation du SSO [2].

Achalasie

L'achalasie est définie par un défaut de relaxation de la jonction œsogastrique lors des déglutitions. Le plus souvent, il existe un apéristaltisme associé. Dans certains cas, la pression intra-œsophagienne augmente simultanément dans tout le corps de l'œsophage, ceci correspond à une pressurisation de l'œsophage. En manométrie conventionnelle, ce phénomène correspond à la définition de l'achalasie vigoureuse. Cette augmentation de pression semble secondaire à la contraction du muscle longitudinal de l'œsophage. Elle pourrait être associée à une meilleure réponse au traitement [13].

Spasmes œsophagiens

Les spasmes œsophagiens correspondent à des ondes de contraction œsophagienne rapidement propagées (VFP > 8 cm/s pour plus de 20 % des déglutitions). Ils sont le plus souvent localisés dans le segment distal de l'œsophage. L'amplitude des ondes de contraction œsophagienne peut être augmentée ou non. La relaxation de la jonction œsogastrique est normale.

Œsophage casse-noisettes

Dans l'œsophage casse-noisettes, la relaxation de la jonction œsogastrique lors des déglutitions est normale. Les ondes de contraction œsophagiennes ont une grande amplitude avec une DCI supérieure à 5000 mmHg.s.cm et leur vitesse de propagation est normale (VFP < 8 cm/s pour au moins 90 % des déglutitions).

Sclérodermie

L'atteinte œsophagienne est retrouvée dans environ 80 % des sclérodermies. Le tableau typique est caractérisé par une absence d'ondes de contraction œsophagienne aux deux tiers inférieurs de l'œsophage, associée à une hypotonie du SIO (figure 3-7). Dans certains cas, le tableau est incomplet et une hypotonie isolée du SIO peut être observée.

Anomalies de la zone de transition

La manométrie HR permet l'identification de la zone de transition entre la musculature striée de l'œso-

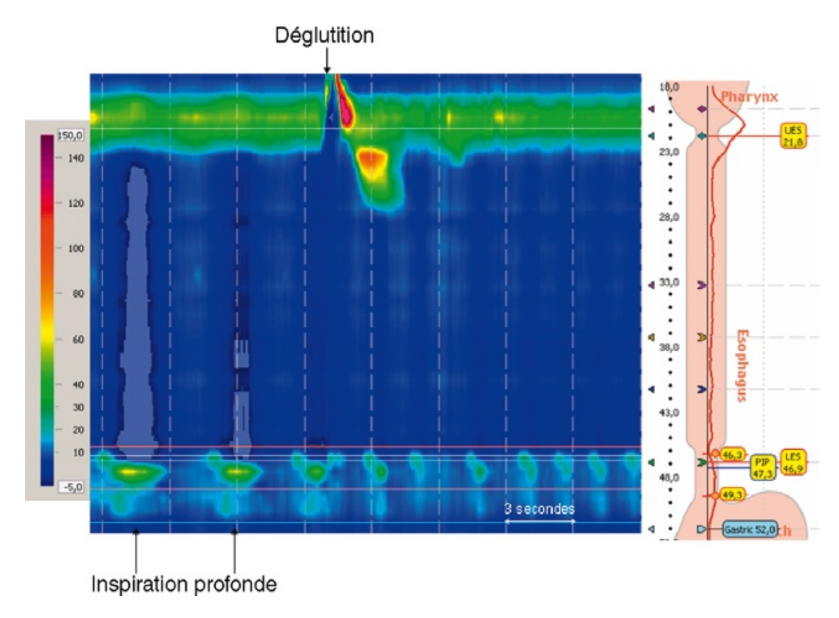


Fig. 3-7. Aspect manométrique de sclérodermie.
La jonction œsogastrique est repérée par la contraction diaphragmatique renforcée en inspiration profonde. Il existe une hypotonie marquée au niveau de la jonction œsogastrique. L'onde de contraction œsophagienne post-déglutition est absente dans les deux tiers inférieurs de l'œsophage.

phage et la musculature lisse. Une zone de transition anormalement longue ou une durée de traversée de cette zone, par le péristaltisme œsophagien, plus prolongée pourraient être à l'origine de dysphagie par blocage du bolus à ce niveau [7]. Ceci serait secondaire à un défaut de coordination entre l'œsophage proximal et l'œsophage distal. Des études complémentaires semblent nécessaires pour affirmer que cette anomalie correspond à l'identification d'un nouveau trouble de la motricité œsophagienne.

Hernie hiatale

La hernie hiatale manométrique est définie par la présence de deux zones de haute pression, séparées d'au moins 2 cm, au niveau de la jonction œsogastrique. L'une de ces zones correspond au diaphragme crural et l'autre au sphincter inférieur de l'œsophage (*cf.* figure 3-4). La fiabilité de la manométrie HR pour ce diagnostic est sans commune mesure avec celle de la manométrie conventionnelle.

Obstacle fonctionnel au niveau de la jonction œsogastrique

La mesure des gradients de pression trans-sphinctériens met en évidence le retentissement fonctionnel des anomalies de la jonction œsogastrique et de la motricité du corps de l'œsophage sur la clairance du bolus œsophagien. Elle permet d'expliquer certaines dysphagies.

Par expérience, l'apport de la manométrie HR est très significatif dans l'exploration des dysphagies dans un contexte postopératoire (chirurgie antireflux, anneaux gastriques modulables, gastrectomies…).

Par exemple, une mauvaise compliance de la JOG après fundoplicature peut être responsable d'un gradient de pression trans-sphinctérien et donc d'un défaut de clairance œsophagienne (*cf.* figure 3-6), parfois même sans qu'il y ait de trouble de la relaxation de la œsogastrique. Dans d'autres cas, le défaut de clairance œsophagienne est secondaire à un défaut de relaxation de la JOG ou à une anomalie du péristaltisme du corps de l'œsophage.

Pathologies de la motricité pharyngée et du sphincter supérieur de l'œsophage

L'étude des ondes de contraction pharyngée, de la pression du SSO et des ondes du tiers proximal de l'œsophage permet la mise en évidence d'anomalies touchant la musculature striée ; par exemple,

absence d'onde de contraction pharyngée ou défaut de relaxation du SSO lors des déglutitions. Ces dernières peuvent avoir une origine nerveuse centrale ou périphérique.

L'existence d'un gradient de pression pharyngo-œsophagien doit faire suspecter une barre crico-pharyngée. Un examen ORL complémentaire (vidéo-endoscopie de la déglutition) et/ou un enregistrement fluoroscopique permettent de confirmer la nature de l'obstacle.

Indications

Dysphagies

L'indication principale de la manométrie œsophagienne haute résolution est probablement l'exploration des dysphagies inexpliquées. Elle permet aussi bien l'évaluation de dysphagies d'origine pharyngée qu'œsophagienne [2]. Les barres cricopharyngées sont suspectées devant une augmentation du gradient de pression trans-sphinctérien. Le diagnostic d'achalasie pourrait également être plus aisé, la manométrie HR évitant notamment les erreurs diagnostiques en cas d'ascension de la jonction œsogastrique secondaire à la contraction du muscle longitudinal œsophagien (figure 3-8). Ceci a d'ailleurs été mis en évidence dans les études de Clouse et Fox qui ont comparé l'analyse spatio-temporelle des variations de pression à l'analyse conventionnelle des variations de pression [1, 12]. Certes, ces deux études ne comparent pas directement les performances de la manométrie HR à celles de la manométrie conventionnelle, cependant elles soulignent l'intérêt de la manométrie HR pour le diagnostic d'achalasie. L'étude des gradients de pression trans-sphinctériens permet de dépister des obstacles fonctionnels à l'écoulement du bolus. Enfin, des anomalies segmentaires de la motricité du corps de l'œsophage, comme

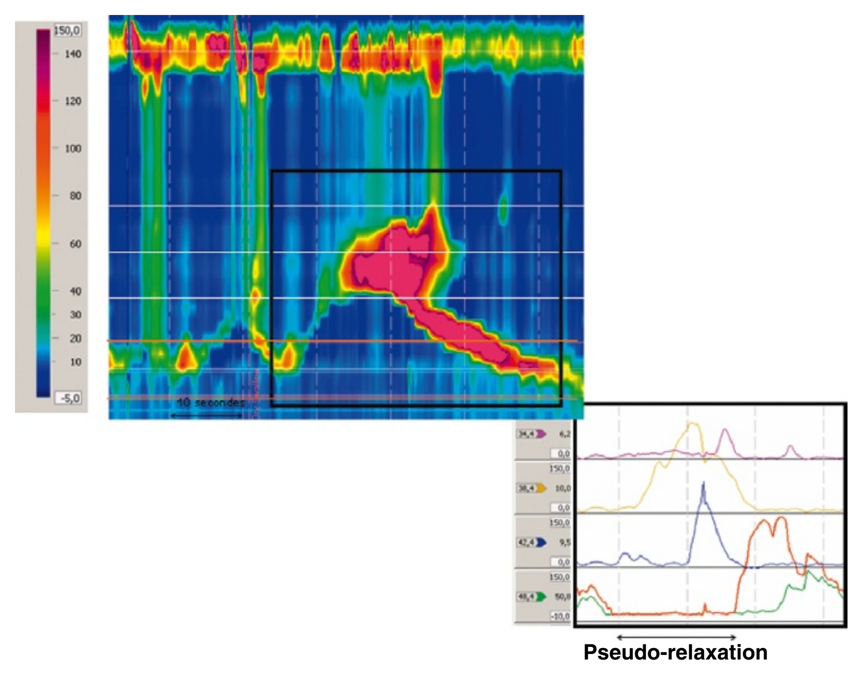


Fig. 3-8. Achalasie vigoureuse : l'ascension de la jonction œsogastrique, observée sur la représentation spatiotemporelle, est secondaire à la contraction de la couche musculaire longitudinale.
L'aspect en manométrie conventionnelle est représenté sur la droite de la figure. La pression est mesurée à trois niveaux dans le corps de l'œsophage (lignes blanches sur la représentation spatiotemporelle), la courbe rouge est la pression au niveau de la *e-sleeve* et la courbe verte la pression en un point au niveau de la jonction œsogastrique. Sur ces deux dernières courbes, la diminution de pression observée correspond à l'ascension de la jonction œsogastrique : c'est le phénomène de pseudo-relaxation.

un allongement de la zone de transition, peuvent être révélées par la manométrie œsophagienne HR. Des études complémentaires sont cependant certainement nécessaires pour établir un lien entre les anomalies observées et les symptômes rapportés par les patients.

Douleurs thoraciques

Les douleurs thoraciques inexpliquées sont également une bonne indication de manométrie HR [2]. La mise en évidence de spasmes, localisés notamment dans le tiers distal de l'œsophage, est aisée.

Pédiatrie

La manométrie œsophagienne est particulièrement intéressante en pédiatrie (expérience personnelle). En effet, les conditions de réalisation plus faciles et la possibilité d'interprétation des données malgré les mouvements de la sonde permettent de s'affranchir des artéfacts occasionnés, par exemple, par les pleurs lors de la réalisation des examens chez de jeunes enfants.

Études physiopathologiques et pharmacologiques

La manométrie HR va probablement s'imposer comme l'examen de référence pour les études physiologiques et pharmacologiques de la motricité œsophagienne. Elle permet des enregistrements prolongés, la prise de repas tests (en position assise) et l'évaluation de l'effet des drogues sur la motricité segmentaire ou sur les relaxations transitoires du sphincter inférieur de l'œsophage.

Place dans les stratégies diagnostiques et thérapeutiques

La manométrie œsophagienne haute résolution permet une réelle imagerie fondamentale de la déglutition. Dans un monde parfait, elle devrait suppléer totalement la manométrie conventionnelle. Son apport semble surtout intéressant en cas de dysphagies inexpliquées. Dans l'étude de Clouse, le diagnostic d'achalasie ou de relaxation incomplète du SIO est porté uniquement par la manométrie HR chez 8 % des patients [1].

La facilité de réalisation et d'apprentissage [14] permet un transfert des compétences et une relecture aisée *a posteriori* mais le coût de l'examen (au moins le double par rapport à une manométrie conventionnelle) limite actuellement sa diffusion.

Par ailleurs, la pertinence clinique des anomalies détectées par la manométrie haute résolution, notamment en ce qui concerne la motricité segmentaire, reste encore à démontrer. La classification des troubles moteurs proposée par l'équipe de Chicago doit être validée et une nouvelle sémiologie manométrique, par exemple pour la mesure des gradients trans-sphinctériens et la description de la motricité segmentaire du corps de l'œsophage, doit être décrite et validée.

Manométrie anorectale haute résolution

Le système haute résolution est également disponible pour la manométrie anorectale. Toutefois, il reste en cours d'évaluation. Les sondes proposées comportent dix capteurs de pression espacés les uns des autres de 1 cm, ainsi que deux capteurs supplémentaires distants de 1 cm et situés à l'extrémité distale de la sonde dans un ballonnet amovible (*cf.* figure 3-2).

Pour la réalisation de l'examen, le ballonnet est placé dans le rectum et les dix capteurs de pression sont situés depuis la marge anale jusque dans le rectum. Une fois la sonde mise en place, le retrait de cette dernière n'est pas nécessaire au cours de l'examen. La pression du sphincter anal est étudiée au repos, lors de la contraction et de la poussée. Le réflexe recto-anal inhibiteur et le réflexe recto-anal excitateur sont également facilement mis en évidence (figure 3-9).

Une étude a comparé les performances de la manométrie haute résolution à celles de la manométrie perfusée. Les valeurs moyennes de la pression anale de repos et de la contraction anale volontaire sont plus élevées avec la manométrie haute résolution, cependant la corrélation entre les deux systèmes de mesure est bonne. La manométrie HR en permettant une étude plus physiologique (mesure en plusieurs points sur le sphincter et dans le rectum, absence de retrait de sonde lors

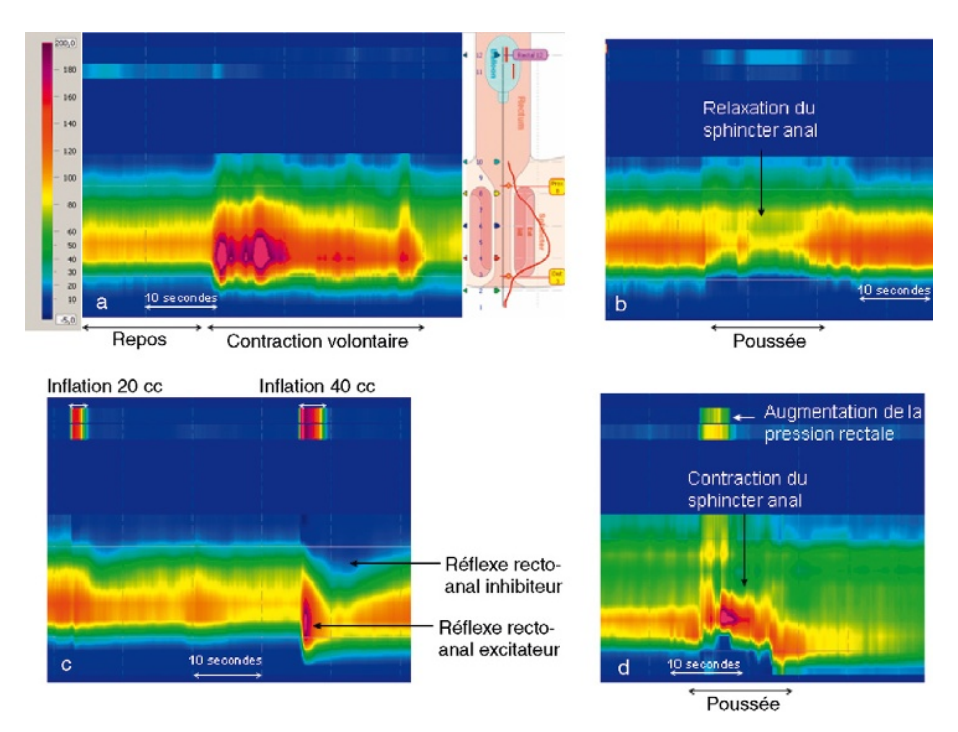


Fig. 3-9. Manométrie anorectale haute résolution.
La zone de haute pression correspond au sphincter anal.
a et b. Lors de la contraction anale volontaire la pression du sphincter augmente (a), alors qu'elle diminue lors des efforts de poussée (b).
c. Les réflexes recto-anaux inhibiteur et excitateur sont mis en évidence après gonflement à l'air du ballonnet rectal.
d. L'asynchronisme abdominopérinéal est facilement identifiable : il existe une augmentation de la pression sphinctérienne lors des efforts de poussée.

de l'examen) pourrait améliorer l'évaluation des troubles anorectaux et en particulier des obstacles à la défécation [15].

Conclusion

La manométrie HR permet une imagerie fonctionnelle des différents segments du tube digestif. Son utilisation est actuellement assez bien codifiée pour l'étude de la déglutition et de la motricité œsophagienne. Elle pourrait augmenter le rendement diagnostique notamment en cas de dysphagie inexpliquée. De plus, son maniement semble plus facile que celui de la manométrie conventionnelle. Ainsi, elle devrait supplanter progressivement les techniques classiques de manométrie.

Des développements sont en cours pour l'étude des autres segments du tube digestif : la représentation tridimensionnelle spatiotemporelle devrait permettre de mieux appréhender la physiopathologie des troubles moteurs digestifs.

Références

[1] Clouse RE, Staiano A, Alrakawi A, Haroian L. Application of topographical methods to clinical esophageal manometry. Am J Gastroenterol 2000 ; 95 : 2720–30.

[2] Fox MR, Bredenoord AJ. Oesophageal high-resolution manometry : moving from research into clinical practice. Gut 2008 ; 57 : 405–23.

[3] Desipio J, Friedenberg FK, Korimilli A, Richter JE, Parkman HP, Fisher RS. High-resolution solid-state manometry of the antropyloroduodenal region. Neurogastroenterol Motil 2007 ; 19 : 188–95.

[4] Pandolfino JE, Ghosh SK, Rice J, Clarke JO, Kwiatek MA, Kahrilas PJ. Classifying esophageal motility by

pressure topography characteristics : a study of 400 patients and 75 controls. Am J Gastroenterol 2008 ; 103 : 27–37.

[5] Ghosh SK, Pandolfino JE, Zhang Q, Jarosz A, Kahrilas PJ. Deglutitive upper esophageal sphincter relaxation : a study of 75 volunteer subjects using solid-state high-resolution manometry. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol 2006 ; 291 : G525–31.

[6] Takasaki K, Umeki H, Enatsu K, Tanaka F, Sakihama N, Kumagami H, Takahashi H. Investigation of Pharyngeal Swallowing Function Using High-Resolution Manometry. Laryngoscope 2008, 118 : 1729–32.

[7] Kahrilas PJ, Sifrim D. High-resolution manometry and impedance-pH/manometry : valuable tools in clinical and investigational esophagology. Gastroenterology 2008 ; 135 : 756–69.

[8] Holloway RH, Penagini R, Ireland AC. Criteria for objective definition of transient lower esophageal sphincter relaxation. Am J Physiol 1995 ; 268 : G128–33.

[9] Pal A, Williams RB, Cook IJ, Brasseur JG. Intrabolus pressure gradient identifies pathological constriction in the upper esophageal sphincter during flow. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol 2003 ; 285 : G1037–48.

[10] Pandolfino JE, Ghosh SK, Zhang Q, Jarosz A, Shah N, Kahrilas PJ. Quantifying EGJ morphology and relaxation with high-resolution manometry : a study of 75 asymptomatic volunteers. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol 2006 ; 290 : G1033–40.

[11] Pandolfino JE, Ghosh SK, Lodhia N, Kahrilas PJ. Utilizing intraluminal pressure gradients to predict esophageal clearance : a validation study. Am J Gastroenterol 2008 ; 103 : 1898–1905.

[12] Fox M, Hebbard G, Janiak P, Brasseur JG, Ghosh S, Thumshirn M, Fried M, Schwizer W. High-resolution manometry predicts the success of oesophageal bolus transport and identifies clinically important abnormalities not detected by conventional manometry. Neurogastroenterol Motil 2004 ; 16 : 533–42.

[13] Pandolfino JE, Kwiatek MA, Nealis T, Bulsiewicz W, Post J, Kahrilas PJ. Achalasia : a new clinically relevant classification by high-resolution manometry. Gastroenterology 2008 ; 135 : 1526–33.

[14] Grubel C, Hiscock R, Hebbard G. Value of spatiotemporal representation of manometric data. Clin Gastroenterol Hepatol 2008 ; 6 : 525–30.

[15] Jones MP, Post J, Crowell MD. High-resolution manometry in the evaluation of anorectal disorders : a simultaneous comparison with water-perfused manometry. Am J Gastroenterol 2007; 102 : 850–5.

Chapitre 4

pH-métrie œsophagienne

S. Bruley des Varannes, K. Belhocine

La pH-métrie œsophagienne consiste à enregistrer les variations du pH dans l'œsophage. Son principe repose sur la différence de pH du contenu gastrique acide et du pH œsophagien compris entre 5 et 7 ; ainsi une chute du pH œsophagien en dessous de pH 4 est considérée liée à un reflux du contenu gastrique dans la lumière œsophagienne. Cette technique développée il y a plus de 30 ans a largement bénéficié des progrès et de la miniaturisation des supports de stockage numérique ainsi que de ceux de l'analyse informatique. Ces avancées technologiques, et en particulier l'analyse automatisée, en ont élargi et simplifié la pratique. Cependant, la pH-métrie œsophagienne requiert une rigueur permanente dans son exécution et son interprétation pour assurer d'une part, la fiabilité du signal recueilli et d'autre part, la pertinence des conclusions issues d'un enregistrement. Plusieurs recommandations sur la pH-métrie œsophagienne ont été édictées par des groupes de travail et des experts [1–4], nous ne reprenons dans ce chapitre que les éléments les plus essentiels pour sa pratique au quotidien ainsi que certaines données d'actualisation récentes.

Principes de la technique

La technique de la pH-métrie œsophagienne consiste à placer une électrode sensible au pH dans l'œsophage et à en enregistrer les variations, le plus souvent sur une période de 24 heures. La restitution de l'enregistrement permet de caractériser tous les événements, en s'intéressant en particulier aux périodes où le pH devient inférieur à 4, qui définissent la survenue d'un reflux acide. Les reflux acides sont caractérisés par leur durée et leur niveau d'acidité. Selon la durée de l'exposition acide sur l'ensemble de la période d'enregistrement, ou sur les périodes diurne ou nocturne, l'exposition acide œsophagienne est dite normale ou pathologique. Surtout, le mode ambulatoire de l'enregistrement permet de se rapprocher des conditions de vie habituelles du patient pour « espérer » la survenue des symptômes du patient. L'analyse de la concordance temporelle ou de la non-concordance entre la survenue des symptômes et des événements pH-métriques permet ensuite d'établir ou d'écarter la responsabilité des épisodes de reflux acide dans la survenue de ces symptômes.

Matériel

La pH-métrie impose la présence de trois éléments : une électrode de détection, un boîtier enregistreur et un support de stockage et d'analyse en général informatique.

L'électrode de détection est le plus souvent une électrode à l'antimoine ou une électrode de verre (figure 4-1). Ces dernières sont désormais peu utilisées en pratique clinique habituelle en raison d'un coût plus élevé et, surtout, depuis la nécessité d'utiliser des électrodes à usage unique. L'intérêt des électrodes de verre réside dans leurs performances techniques, avec en particulier un temps de réponse bref et une réponse linéaire qui font que leur usage est surtout réservé aux études pharmacologiques.

Les électrodes à l'antimoine sont largement utilisées depuis plus de 20 ans. Elles sont devenues d'emploi plus simple, car elles intègrent désormais une référence incorporée. Auparavant l'électrode

Les Explorations fonctionnelles digestives

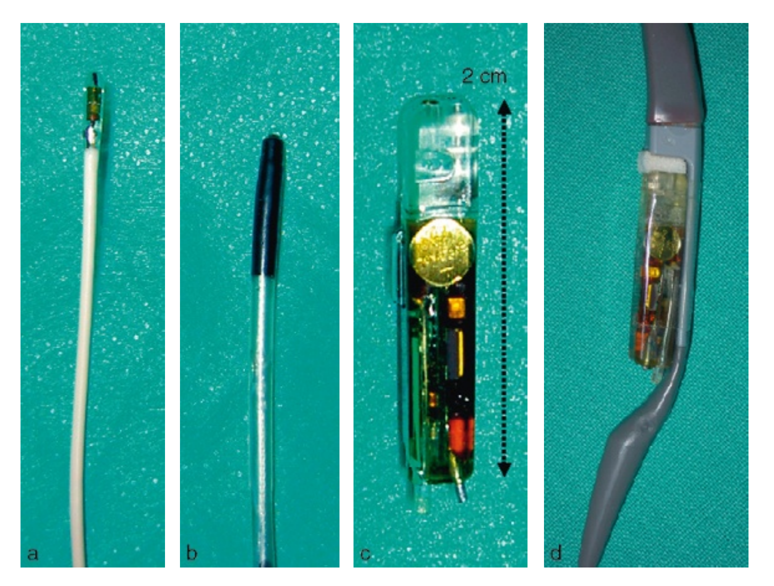


Fig. 4-1. Électrodes d'enregistrement du pH dans l'œsophage.
a. Électrode à antimoine.
b. Électrode de verre.
c. Capsule pH-métrique Bravo®.
d. Capsule pH-métrique Bravo® sur son support de mise en place.

de référence cutanée était à l'origine d'un nombre important d'artéfacts, voire de dérives sur les 24 heures d'enregistrement. Bien qu'ayant une moins bonne linéarité et un temps de réponse plus long que les électrodes de verre, leur utilisation en pH-métrie œsophagienne est satisfaisante pourvu que l'on intègre les corrections de température liées aux différences entre la température corporelle et les températures des solutions de calibration [1].

Développées ces dernières années par la société Medtronic, les électrodes à l'antimoine sans fil Bravo® sont des électrodes autonomes qui émettent un signal radiofréquence (433 MHz) dont l'intensité varie en fonction du pH enregistré. La capsule est fixée à la paroi œsophagienne à la hauteur souhaitée à l'aide d'un dispositif de largage soit sous contrôle de la vue lors de l'endoscopie, soit à l'aveugle (figure 4-2). Le dispositif peut être introduit par voie nasale, mais l'ensemble un peu épais (5,5 mm) et rigide fait souvent préférer un passage par voie buccale [5]. Le dispositif supportant l'électrode permet d'effectuer une aspiration de la muqueuse pariétale œsophagienne dans un orifice au dos de la capsule, et de passer ensuite une aiguille qui permet de l'y maintenir, fixant ainsi la capsule à la paroi. Dans plus de 90 % des cas dans notre expérience, la capsule reste fixée à l'œsophage pendant plus de 48 heures. Ensuite, la capsule se détache spontanément de la paroi œsophagienne et est éliminée dans les selles. Rarement, une endoscopie est nécessaire pour détacher la capsule après plus de 2 semaines de présence [6].

Le boîtier enregistreur (figure 4-3) est porté à la ceinture des patients ou en bandoulière. Les boîtiers actuels permettent le stockage d'une ou plusieurs voies d'enregistrement avec un échantillonnage variant le plus souvent entre 4 et 6 s (0,25 et 0,16 Hz), sur une période de 24 ou 48 heures. En dehors du dispositif sans fil Bravo®, les connexions des électrodes au boîtier doivent être d'excellente qualité et solidement protégées afin d'éviter les artéfacts liés à des ruptures de contact. À l'issue de l'enregistrement, le boîtier est connecté à un ordinateur pour y transférer l'ensemble de l'enregistrement qui est ensuite analysé par le logiciel.

Le stockage et l'analyse de l'enregistrement pH-métrique sont effectués à l'aide de logiciels généralement conviviaux et performants qui autorisent des possibilités d'analyse variée selon les seuils

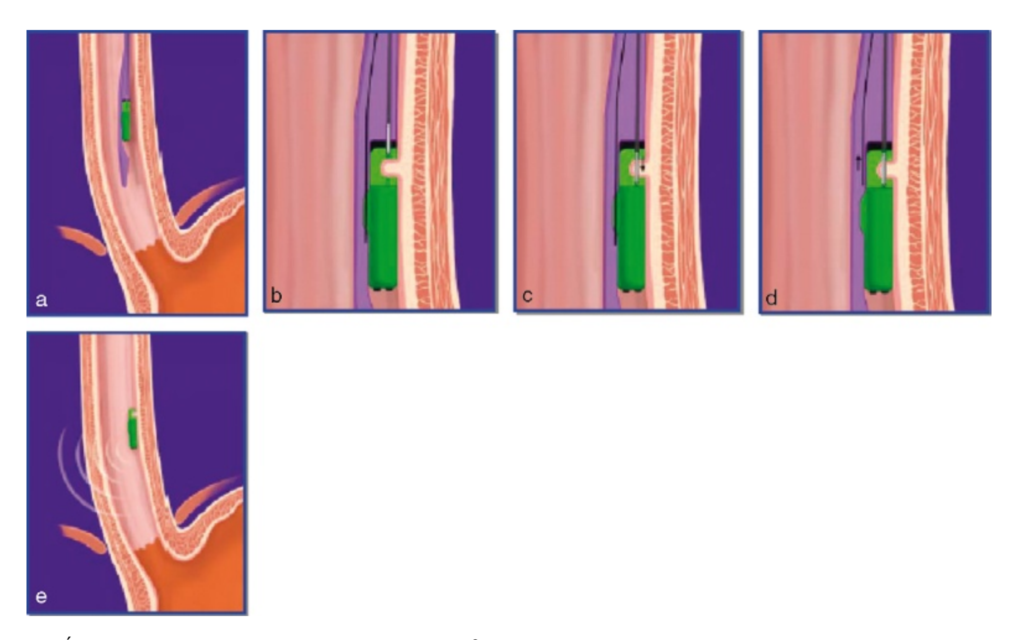


Fig. 4-2. Étapes de la mise en place de l'électrode Bravo® sur la paroi de l'œsophage.
a. Positionnement de la capsule.
b. Aspiration de la muqueuse.
c. Mise en place du clip.
d. Libération de la capsule.
e. Enregistrement.

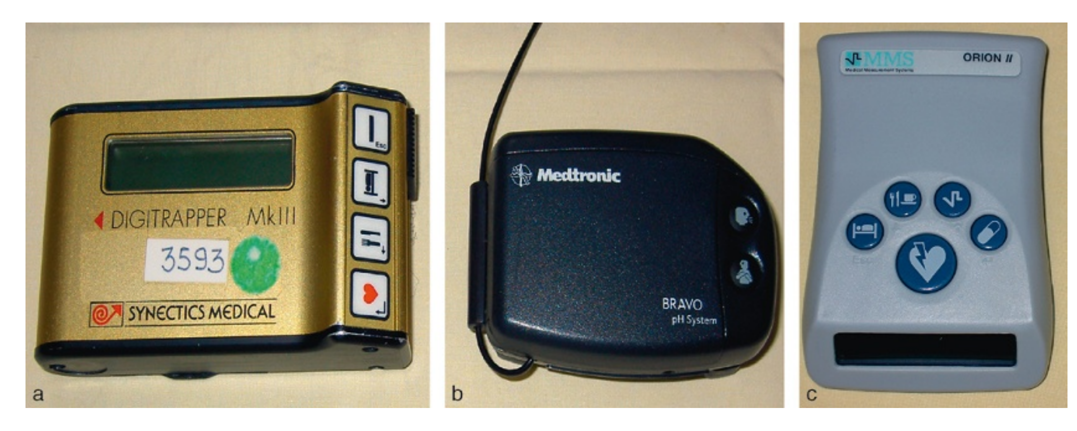


Fig. 4-3. Dispositifs d'enregistrement ambulatoire du pH.
a. Boîtier Digitrapper MK3 – Synectics.
b. Boîtier Bravo® – Medtronic.
c. Boîtier Orion II® – MMS.

(pH, temps) imposés par l'opérateur à l'analyse. En pratique, ces seuils sont réglés une fois pour toute pour obtenir une analyse selon les conditions standard, qui correspondent également à ceux avec lesquels les valeurs normales ont été antérieurement établies.

Réalisation de l'examen

La bonne calibration de la chaîne de mesure à l'aide de solutions tampons de références (généralement pH 1, 4 et/ou 7) est une étape préalable indispensable pour assurer la fiabilité des données enregistrées. Cette étape est généralement guidée

par des informations successives délivrées par l'enregistreur qui permettent de décomposer les différents temps de la calibration. Il n'est pas rare d'observer une certaine dérive au cours du temps notamment avec les électrodes à l'antimoine. Cette dérive peut modifier l'interprétation numérique de la pH-métrie dans 5 % des cas environ. Cependant, en pratique clinique, la calibration en fin d'enregistrement est très rarement faite. De plus, avec les électrodes sans fil, la calibration ne peut être effectuée en fin d'enregistrement puisque la capsule est éliminée par voie digestive. Afin de disposer d'une calibration de fin d'examen, certains ont proposé de faire ingérer au patient un jus d'orange dont le pH a été précisément déterminé auparavant par une électrode de verre [7].

Il est le plus souvent demandé au patient de se présenter au laboratoire le matin à jeun. En pratique, lorsque la hauteur de la ligne Z ou la limite supérieure du sphincter inférieur de l'œsophage (manométrique) ne sont pas connues, beaucoup de laboratoires demandent à leur patient de prendre un petit déjeuner « léger » (un thé ou café avec une biscotte, par exemple). L'objectif est de stimuler la sécrétion acide gastrique pour espérer détecter un virage pH-métrique (ou saut de pH) lors du passage de l'électrode de l'œsophage dans l'estomac pour repérer la jonction œsogastrique.

À l'issue de la calibration, l'électrode est introduite par une narine souvent après une anesthésie locale par spray à la xylocaïne. L'électrode est ensuite doucement et progressivement poussée sur 15 à 18 cm en demandant au patient de fléchir sa tête en avant, et d'expirer assez fortement par les narines. Ensuite, il est demandé au patient de déglutir franchement pour franchir le sphincter supérieur de l'œsophage. Par convention, l'extrémité sensible de l'électrode est placée 5 cm au-dessus du bord proximal du sphincter inférieur de l'œsophage (ou 6 cm au-dessus de la ligne Z). Cette distance permet généralement d'éviter les passages intragastriques de l'électrode lors des déglutitions ou des changements de position. Cependant, lorsqu'il existe une hernie hiatale volumineuse, on observe parfois un passage gastrique de l'électrode, ce qui confirme la nécessité de vérifier visuellement la réalité œsophagienne du tracé enregistré avant de faire des calculs de l'exposition acide œsophagienne (*cf.* p. 51). Lorsque les repères manométriques ne sont pas disponibles ou sont difficiles à déterminer avec précision (notamment lors d'une hypotonie franche du sphincter inférieur de l'œsophage), la recherche de la zone de transition de pH peut aider à situer correctement l'électrode (habituellement 5 cm au-dessus de la zone de virage). Même si cette recherche de la zone de transition de pH n'est pas utilisable chez les malades recevant un traitement antisécrétoire ou ayant une gastrite atrophique, elle paraît suffisamment satisfaisante en pratique courante en raison d'une assez bonne concordance entre les mesures déterminées par les deux méthodes [1, 3]. Une fixation solide et durable à l'aile du nez est indispensable pour éviter le glissement de l'électrode. Au moindre doute, une vérification scopique permet de s'assurer de l'absence de boucle de l'électrode dans l'œsophage ou de son passage dans l'estomac proximal, notamment en fin d'enregistrement.

Avant l'avènement des pH-mètres ambulatoires, des durées d'enregistrement plus courtes étaient fréquemment utilisées pour éviter au patient de passer une nuit en hospitalisation. Ces enregistrements brefs, et en particulier la pH-métrie post-prandiale sur 3 heures, ont montré leur intérêt avec une bonne concordance diagnostique avec un enregistrement de 24 heures dans plus de 80 % des cas. Afin de reproduire les conditions de vie habituelles du patient, et donc de survenue de ses symptômes, l'enregistrement pH-métrique est désormais réalisé en ambulatoire sur 24 heures. En réalité, il a été observé que les patients, même dans ces conditions, modifiaient assez nettement leurs conditions de vie notamment en termes d'activité physique et également sur le plan alimentaire. Il semble que la gêne physique (et vraisemblablement psychologique) liée à la présence de l'électrode soit en cause, car les fréquents inconforts liés à la présence d'une électrode nasale sont beaucoup plus rares et modérés avec l'électrode sans fil. Avec l'électrode sans fil, les enregistrements sur 48 heures sont simples à réaliser, même si on constate le détachement de l'électrode chez 10 % des patients avant 48 heures. En pratique clinique habituelle, les conditions d'activité et d'alimentation ne sont pas standardisées. Les condi-

tions d'enregistrement dites « libres » ne semblent pas nettement modifier la valeur diagnostique ou la reproductibilité de la pH-métrie œsophagienne [3]. L'objectif est surtout de se donner toutes les chances pour que les symptômes du patient surviennent afin de permettre ensuite une analyse symptomatique. Ainsi, si l'analyse quantitative de la pH-métrie reste importante, l'approche symptomatique est souvent au premier plan, notamment dans les indications d'exploration des symptômes atypiques (*cf.* p. 57). Il convient cependant de demander au patient de se rapprocher de ses conditions de vie habituelles et d'éviter de modifier ses apports alimentaires et son activité physique par rapport à ses conditions de vie habituelles.

Interprétation

L'interprétation d'un enregistrement pH-métrique œsophagien impose un temps systématique de contrôle–qualité des données enregistrées et un temps de restitution sous forme synthétique des principaux résultats de l'enregistrement. Le contrôle qualité consiste à vérifier la présence de la calibration et surtout à s'assurer par la visualisation du tracé à l'écran que le signal enregistré ne comporte pas de ruptures de contact ou un aspect de dérive nette durant certaines périodes (en particulier durant la période couchée qui peut modifier la position de l'électrode en la rapprochant, voire en la situant dans la cavité gastrique) (figure 4-4).

Les paramètres de restitution des données quantitatives de l'enregistrement sont directement dépendants du logiciel utilisé. Le plus souvent les logiciels de pH-métrie offrent de grandes capacités d'analyse dont un grand nombre ne sont pas utilisées en pratique clinique courante. Si le caractère généralement paramétrable de ces logiciels est intéressant pour réaliser des analyses spécifiques, il peut aussi augmenter le risque d'erreur d'analyse lorsque ces paramètres sont mal sélectionnés. Il importe donc de savoir verrouiller ces logiciels ou tout au moins de vérifier régulièrement que les paramètres d'analyse n'ont pas été modifiés (tels que le seuil de détection de début d'un reflux et le seuil de fin, le seuil de durée minimale de définition d'un reflux, des chiffres de corrections de température lors de la calibration…).

Un épisode de reflux est défini par une chute de pH au-dessous de 4 pendant au moins 10 secondes, la fin du reflux étant déterminée par le passage au-dessus de 4. D'autres seuils ont été proposés sans pour autant accroître les performances diagnostiques de l'examen. Si la prise en compte de reflux très courts par un échantillonnage plus fin accroît logiquement le nombre d'épisodes de reflux détectés, elle ne

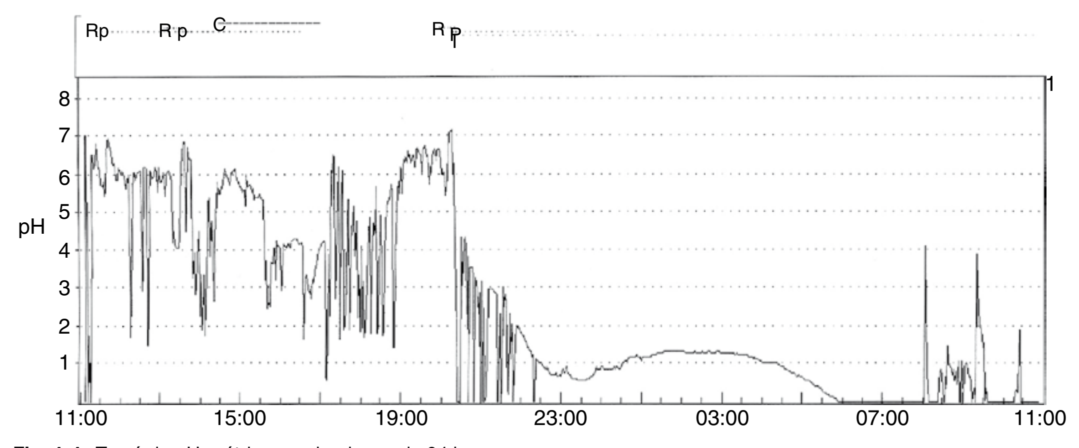


Fig. 4-4. Tracé de pH-métrie œsophagienne de 24 heures.
On observe des ruptures de contacts répétées et des variations brutales de pH entre pH 0 et pH 4–5 à partir de 20 h 30, ainsi qu'une dérive entre 22 h 30 et 6 h 00. C : période couchée ; R : repas ; p : période post-prandiale.

modifie pas le résultat global de l'examen et notamment l'exposition acide globale de l'œsophage.

L'exposition acide œsophagienne exprimée par le pourcentage de temps total passé sous pH 4 constitue la variable la plus sensible et la plus spécifique sur 24 heures. Le pourcentage de temps total passé sous pH 4 représente donc un des critères majeurs et simples de jugement de la pH-métrie ; ce critère à lui seul prend en compte toutes les caractéristiques des différents épisodes de reflux sur 24 heures, et sa valeur diagnostique n'est pas moins bonne que celle des différents scores composites calculés par les logiciels [1, 3]. Il peut parfois être intéressant de considérer certains autres paramètres et notamment le nombre de reflux prolongés (généralement comptabilisés au-delà de 5 minutes de durée), qui reflète la clairance acide œsophagienne. De façon à mieux prendre en compte le caractère logarithmique de la variation de pH, certains auteurs ont proposé d'analyser les résultats de la pH-métrie œsophagienne en déterminant l'acidité œsophagienne intégrée par le calcul de l'aire sous la courbe de l'activité de l'ion hydrogène. Ce mode d'analyse de la pH-métrie œsophagienne reste encore peu utilisé même si ce calcul reflète encore plus précisément la charge acide dans l'œsophage. Si, le plus souvent, le reflux physiologique mais aussi pathologique est à prédominance diurne (figure 4-5), l'analyse par période « debout » et « couché » peut être intéressante pour

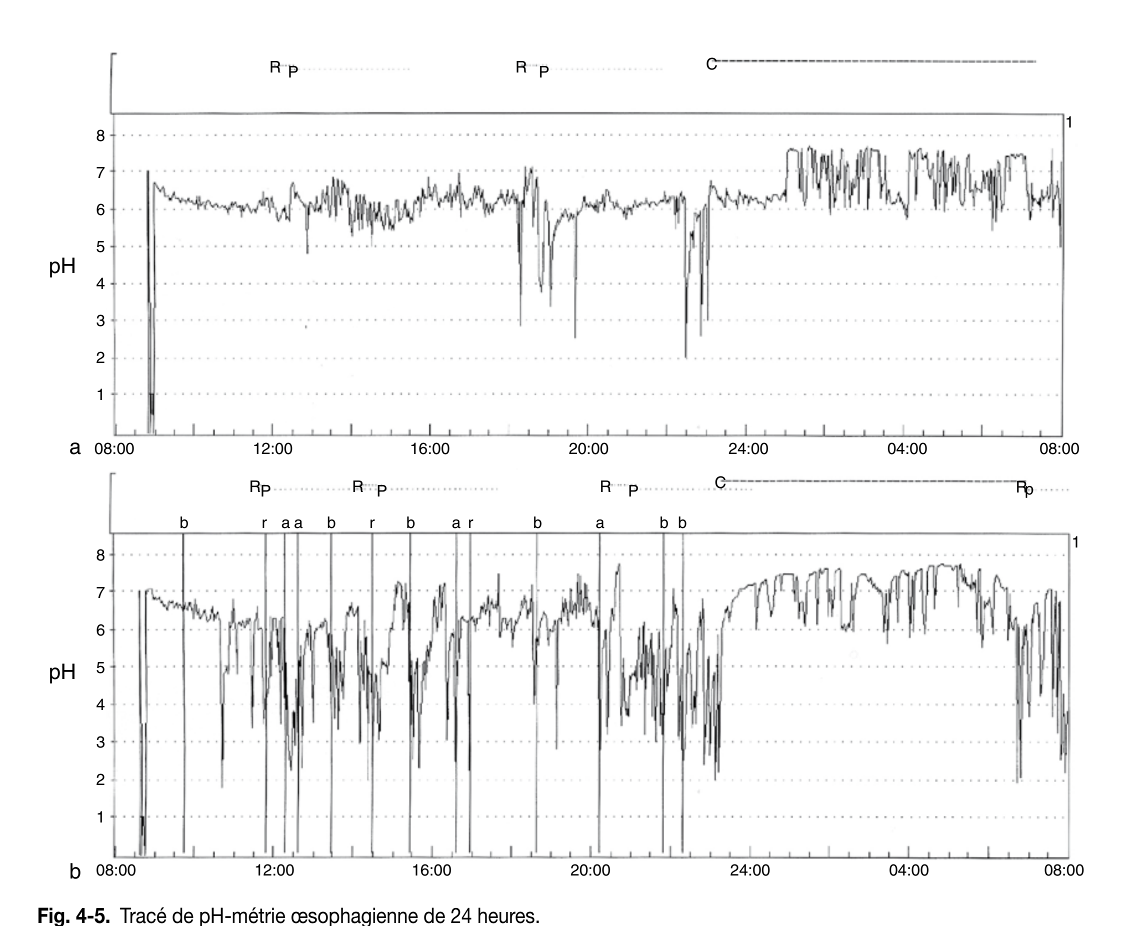


Fig. 4-5. Tracé de pH-métrie œsophagienne de 24 heures.

a. pH-métrie normale avec quelques reflux brefs, physiologiques, en période diurne.

b. pH-métrie anormale en période diurne, objectivant un nombre important de reflux notamment en période post-prandiale. Les traits verticaux indiquent l'activation du marqueur d'événement par le patient avec en regard le symptôme ressenti (**b** : brûlure, **r** : régurgitation, **a** : autres symptômes ; C : période couchée, R : repas, p : période post-prandiale).

objectiver un profil particulier de reflux. Il a été récemment proposé de considérer non plus les périodes « debout » et « couchée », mais les périodes « éveillée » et « endormie » de façon à mieux caractériser le véritable reflux survenant en période de sommeil dont les conséquences sont plus sévères [8] (figure 4-6 et 4-7).

À côté de l'analyse numérique de la pH-métrie, l'analyse des symptômes survenant lors des enregistrements (*cf.* figure 4-6), quels qu'ils soient, est déterminante pour l'interprétation de l'enregistrement, et tout particulièrement dans le cadre de l'exploration des manifestations atypiques lorsque l'exposition acide œsophagienne est dans les limites de la normale. L'établissement des critères définissant une relation de cause à effet entre la survenue d'un symptôme et celle d'un reflux reste difficile, d'autant qu'une potentialisation progressive de la sensibilité œsophagienne par des reflux antérieurs non perçus est vraisemblable. En pratique, il est habituel de considérer un symptôme relié au reflux lorsqu'il survient pendant le reflux ou dans les 2 minutes qui suivent sa fin définie par un retour à un pH supérieur à 4. Des indices

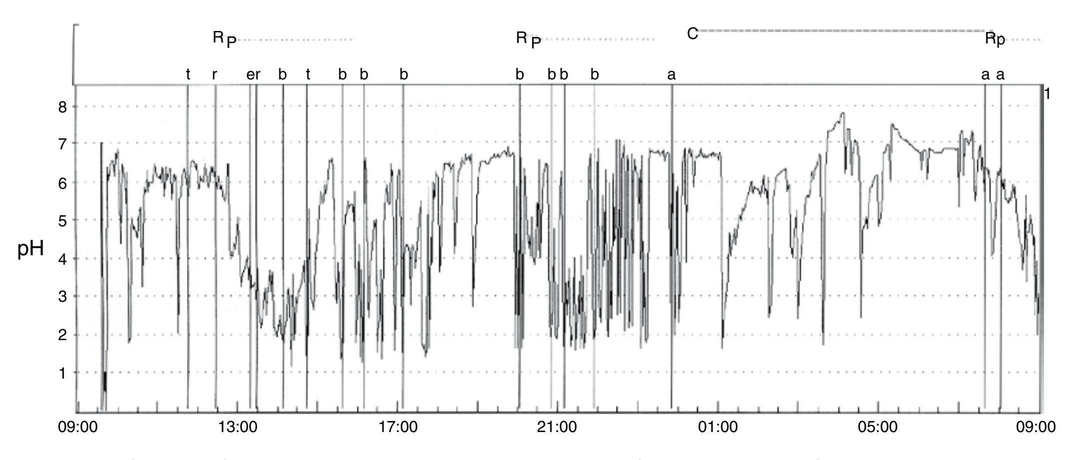


Fig. 4-6. Tracé de pH-métrie œsophagienne de 24 heures anormale en période diurne et en période nocturne.
Les traits verticaux indiquent l'activation du marqueur d'événement par le patient avec en regard le symptôme ressenti (b : brûlure ; er : éructation ; t : toux ; r : régurgitation ; a : autres symptômes ; C : période couchée ; R : repas ; p : période post-prandiale).

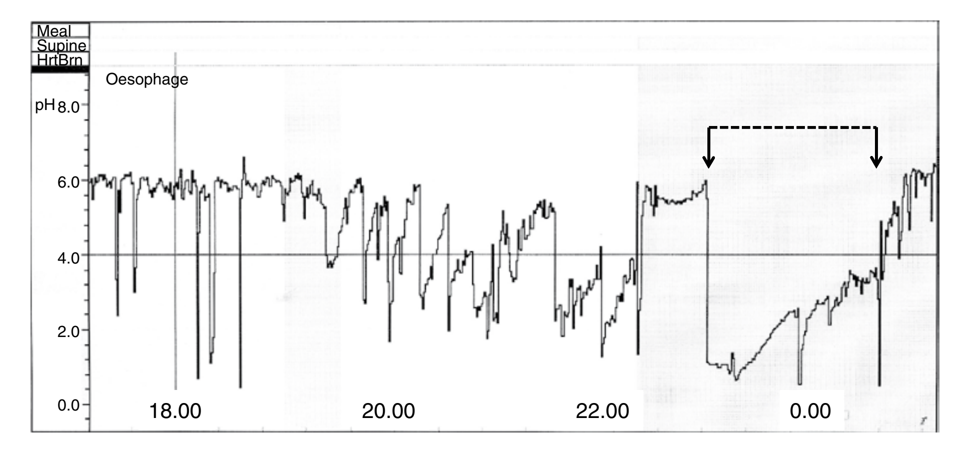


Fig. 4-7. Détail d'un enregistrement pH-métrique entre 18 et 24 heures.
Survenue en première partie de nuit d'un reflux nocturne (flèches), avec une survenue brutale suivie d'une réascension très lente du pH (environ 110 minutes) traduisant l'absence de clairance œsophagienne du sujet endormi.

sont ensuite calculés pour évaluer la force du lien entre les symptômes signalés durant l'enregistrement et le reflux. Les indices de sensibilité et de spécificité évaluent respectivement le pourcentage de reflux à l'origine d'un symptôme et le pourcentage de symptômes en rapport avec un reflux (encadré 4-1). En l'absence de seuils de normalité, l'interprétation de ces indices est malaisée. Le calcul d'une probabilité d'association des symptômes liée au hasard à l'aide d'une loi binomiale peut être utilisé pour déclarer vraisemblable ou non l'association avec les symptômes. Cette probabilité prend en compte le nombre de symptômes corrélés à un reflux, mais aussi la durée totale de l'enregistrement, l'exposition acide globale, le nombre total d'épisodes de reflux, le nombre de symptômes. Actuellement le calcul du SAP *(symptom association probability)*, disponible sur la plupart des logiciels, paraît le plus adapté. Ce calcul consiste à segmenter l'enregistrement en périodes de 2 minutes (720 périodes pour un enregistrement de 24 heures), chacune de ces périodes étant caractérisée par l'une des quatre situations possibles (reflux avec ou sans symptôme associé, et absence de reflux avec ou sans symptôme associé). Le calcul du SAP permet de définir la probabilité de liaison des symptômes avec le reflux, considérée significative lorsqu'elle est supérieure à 95 %.

Encadré 4-1

Principaux indices utilisés pour l'analyse des symptômes – épisodes de reflux acides durant les enregistrements pH-métriques œsophagiens

Index symptomatique ou indice de spécificité

$$\text{Indice spécificité} = \frac{\text{nombre total de symptômes associés à un reflux}}{\text{nombre total de symptômes}}$$

Indice de sensibilité

$$\text{Indice sensibilité} = \frac{\text{nombre total de reflux associés à un symptômes}}{\text{nombre total de reflux}}$$

Indice probabiliste

$P = p^r (1 - p)^{n-r}$

Avec :

- n : nombre total de symptômes
- r : variant du nombre de symptômes survenant pendant ou dans les 2 minutes d'un reflux à n
- p : probabilité qu'un symptôme survienne par hasard pendant ou dans les 2 minutes qui suivent un reflux où :

$$p = \frac{\text{temps total (min) sous pH4} + 2 \text{ min} \times \text{nombre de reflux}}{\text{temps total (min) d'enregistrement}}$$

Probabilité d'association symptomatique (SAP)

$SAP=(1{,}0-P)\times 100\%$

où P est la probabilité calculée par le test exact de Fisher que reflux et symptômes ne soient pas liés (en séparant les 24 heures en périodes consécutives de 2 minutes, et en déterminant les périodes de 2 minutes précédant le début des symptômes)

Valeurs normales et pathologiques

Les valeurs limites supérieures de la normale de la pH-métrie œsophagienne des 24 heures sont assez variables selon les études. Ces valeurs, déterminées dans des groupes de sujets asymptomatiques de faible effectif et relativement jeunes, ont souvent été déterminées par le calcul de la valeur moyenne du pourcentage de temps passé sous pH 4 à laquelle le double de la déviation standard de cette moyenne était ajouté. Cette modalité est sans doute impropre car la distribution de ces valeurs est loin d'être normale. Il est donc nécessaire d'utiliser soit le 95e percentile, soit des courbes ROC *(receiver operating characteristic)* pour calculer ces limites supérieures. Cependant, même avec ces précautions, les valeurs des différentes équipes sont parfois différentes. En l'absence de

valeurs normales spécifiquement déterminées par le laboratoire, il peut encore être conseillé en pratique clinique habituelle d'utiliser pour un enregistrement de 24 heures, des limites supérieures « moyennes » telles que celles proposées par Galmiche et Scarpignato [1] (encadré 4-2). Les résultats calculés sur l'ensemble de l'enregistrement des principaux paramètres de la pH-métrie indiqués dans l'encadré 4-2, ainsi que les résultats des index symptomatiques calculés avec le (ou les) principal(aux) symptôme(s) signalé(s) durant l'enregistrement, doivent figurer dans le compte rendu de l'examen (encadré 4-3).

Pour les enregistrements pH-métriques réalisés avec l'électrode Bravo®, les résultats peuvent être

Encadré 4-2

Valeurs limites supérieures de la normale pour le diagnostic courant de RGO*

- Pourcentage de temps total pH < 4 : 5 %
- Pourcentage de temps debout pH < 4 : 8 %
- Pourcentage de temps couché pH < 4 : 3 %
- Nombre d'épisodes de reflux : 50
- Nombre de reflux d'une durée supérieure à 5 minutes : 3

* Valeurs proposées par Galmiche et Scarpignato (1994) pour des enregistrements de 24 heures dans laboratoires n'ayant pas déterminé leurs propres valeurs normales.

Encadré 4-3

Exemple d'un compte rendu type de pH-métrie œsophagienne

Indication :

- RGO typique résistant au traitement ou récidivant après chirurgie ☐
- RGO atypique sans œsophagite ☐
- Bilan préopératoire ☐
- Bilan connectivite ☐
- Autres ☐

Examen SANS ou SOUS traitement antisécrétoire (drogue, posologie, horaire de prise).

Commentaires : ....

Type d'électrode : ....

Modalités d'enregistrement :

- Ambulatoire externe/hospitalisé
- Heure de début d'enregistrement : ... ; heure de fin d'enregistrement : ....

Analyse qualitative de l'enregistrement .... (rupture, dérive, valeur improbable...)

Analyse quantitative :

- pourcentage de temps total pH < 4 ....
- pourcentage de temps debout pH < 4 ....
- pourcentage de temps couché pH < 4 ....
- nombre d'épisodes de reflux ....
- nombre de reflux d'une durée supérieure à 5 minutes ....

Analyse des symptômes survenus durant l'enregistrement :

Type		Nombre	IS (%)	SAP (%)
....	....	....	....	....
....	....	....	....	....
....	....	....	....	....
Total des symptômes		....	....	....

CONCLUSION : ....

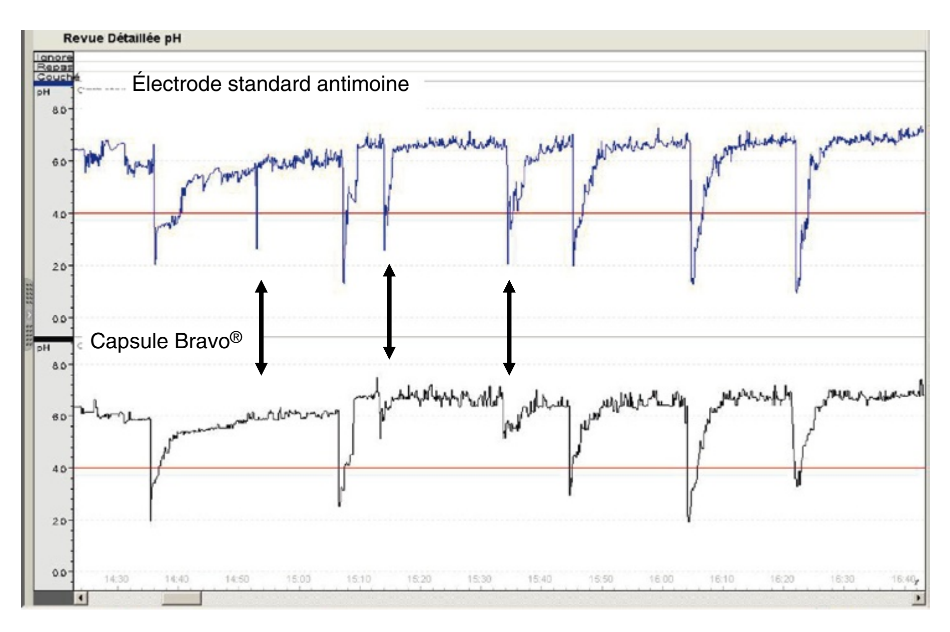


Fig. 4-8. Segment d'enregistrements simultanés du pH œsophagien par une capsule télémétrique Bravo® et une électrode filaire à l'antimoine.
On note l'absence de prise en compte de certains reflux courts par la capsule télémétrique (flèches).

assez différents (figure 4-8). Deux études ont en effet démontré que le système Bravo® enregistrait moins d'épisodes de reflux que le système filaire habituel par électrode à l'antimoine [6, 9]. En réalité, le facteur principal de ces différences était lié à des corrections de température inadéquates dans le logiciel d'analyse montrant une fois de plus l'importance de ces facteurs de corrections. Après avoir redéfini ces facteurs de corrections et les avoir intégré au logiciel d'analyse, la différence des expositions acides entre les deux systèmes était moins forte. La persistance d'une exposition acide un peu plus élevée avec les électrodes classiques à l'antimoine peut être liée à certains reflux très brefs détectés par l'électrode classique mais non pris en compte par le système Bravo® (*cf.* figure 4-8).

L'analyse des résultats avec le système Bravo® est équivalente à celle de la pH-métrie conventionnelle pour les analyses quantitatives et qualitatives. Cependant avec l'électrode Bravo®, l'enregistrement a une durée de 48 heures pour plus de 90 % des capsules, ce qui vraisemblablement accroît sa valeur diagnostique notamment pour l'analyse symptomatique. Il n'existe pas actuellement de consensus sur la meilleure façon d'analyser ces enregistrements de longue durée. Certains proposent de faire la moyenne des deux périodes de 24 heures, d'autres proposent de ne prendre en compte que la période de 24 heures ayant enregistré l'exposition acide la plus élevée.

La valeur de la pH-métrie œsophagienne pour le diagnostic de RGO, au moins en termes de sensibilité, est plus élevée chez les malades ayant des lésions d'œsophagite que chez ceux ayant une endoscopie normale. Globalement et seulement à l'échelon d'un groupe, la sévérité de l'œsophagite est corrélée à l'importance de l'exposition acide œsophagienne.

Indications

Compte tenu de la spécificité élevée des symptômes typiques de reflux et plus encore des lésions endoscopiques d'œsophagite, la pH-métrie œsophagienne n'est pas utile dans ces circonstances cliniques et/ou endoscopiques, au moins au début de la prise en charge d'un patient.

Dans une démarche diagnostique, l'intérêt majeur de la pH-métrie œsophagienne est de documen-

ter le caractère pathologique de l'exposition acide œsophagienne chez des malades ayant une endoscopie normale et des manifestations extradigestives compatibles avec un RGO, principalement douleurs thoraciques, manifestations ORL ou respiratoires inexpliquées. Cependant, la seule exposition acide œsophagienne pathologique, si elle est un argument important pour mettre en place un traitement médical, n'établit pas la responsabilité du reflux dans les symptômes signalés par le patient. L'analyse des symptômes durant l'enregistrement est toujours essentielle; elle peut être d'interprétation impossible ou difficile soit parce qu'il n'y a pas eu de symptômes durant l'examen, soit parce que la liaison reste douteuse malgré l'utilisation des index symptomatiques, soit encore parce qu'il s'agit de plaintes « chroniques », d'installation lente qu'il est impossible de relier dans le temps à la survenue d'un épisode de reflux acide donné, comme les plaintes de type ORL.

La pH-métrie œsophagienne est également nécessaire lorsqu'une chirurgie antireflux est envisagée chez un malade sans œsophagite afin de documenter le caractère pathologique de l'exposition acide œsophagienne ou au minimum d'établir la responsabilité des épisodes de reflux dans la survenue des symptômes [3, 4].

La pH-métrie à plusieurs niveaux dans l'œsophage a été régulièrement utilisée dans des travaux de caractérisation physiopathologique. Dans la difficile exploration des patients ayant des manifestations ORL inexpliquées susceptibles d'être liées à un RGO, un enregistrement pH-métrique dans l'œsophage proximal (voire au niveau pharyngé) couplé à un enregistrement distal habituel a été proposé. Jusqu'à maintenant l'intérêt de cette approche pH-métrique dans ces circonstances cliniques n'a pas été clairement montré. En effet, les résultats de ces études généralement conduites dans de petites séries sont peu concluants et parfois contradictoires. Globalement, le reflux dans l'œsophage proximal dépend avant tout de la sévérité du reflux distal et ne permet pas de distinguer clairement les malades ayant des manifestations typiques ou atypiques de reflux.

Les enregistrements prolongés sur 48 heures, voire plus, par la capsule Bravo® représentent une avancée pour l'exploration de ces situations difficiles. Il a été ainsi logiquement montré que le nombre de patients ayant des symptômes durant l'enregistrement était plus élevé, et que le nombre de symptômes pour effectuer l'analyse symptomatique était doublé. Globalement la réalisation d'un enregistrement par Bravo® sur 48 heures permet de diagnostiquer un RGO chez un tiers de patients en plus [10].

Une indication importante de la pH-métrie est représentée par la gestion des échecs thérapeutiques. La réalisation d'une pH-métrie œsophagienne sous traitement bien conduit permet d'une part, de vérifier la normalité de l'exposition acide œsophagienne et d'autre part, de caractériser les relations entre les plaintes du patient et les éventuels épisodes de reflux acides. La réalisation de la pH-métrie dans ces circonstances doit être extrêmement soigneuse pour éviter à tout prix des résultats faussement positifs, puisque la présence de résultats pathologiques persistants peut faire privilégier des décisions lourdes, et notamment un traitement chirurgical. Récemment, une nouvelle approche a été proposée compte tenu des possibilités d'enregistrement prolongé sur 96 heures de la capsule Bravo®. Durant les premières 24 heures un enregistrement standard à visée diagnostique est réalisé, puis un traitement antisécrétoire est donné sur les 3 jours suivants afin de documenter la (non-)normalisation de l'exposition acide œsophagienne sous traitement [11]. Cependant dans ces circonstances d'échec thérapeutique, l'approche désormais la plus performante est certainement représentée par la pH-métrie couplée à l'impédancemétrie œsophagienne afin de documenter la responsabilité de reflux non ou peu acides non pris en compte par la pH-métrie. En effet la pH-impédancemétrie détecte qu'un tiers de ces patients ont des symptômes persistants sous traitement antisécrétoire en raison de reflux non acides [12].

L'intérêt de la pH-métrie gastrique couplée à la pH-métrie œsophagienne sous traitement a aussi été suggéré pour comprendre certains échecs thérapeutiques (figure 4-9). En effet, la corrélation entre la durée du contrôle de la sécrétion acide gastrique et la cicatrisation des lésions est bien

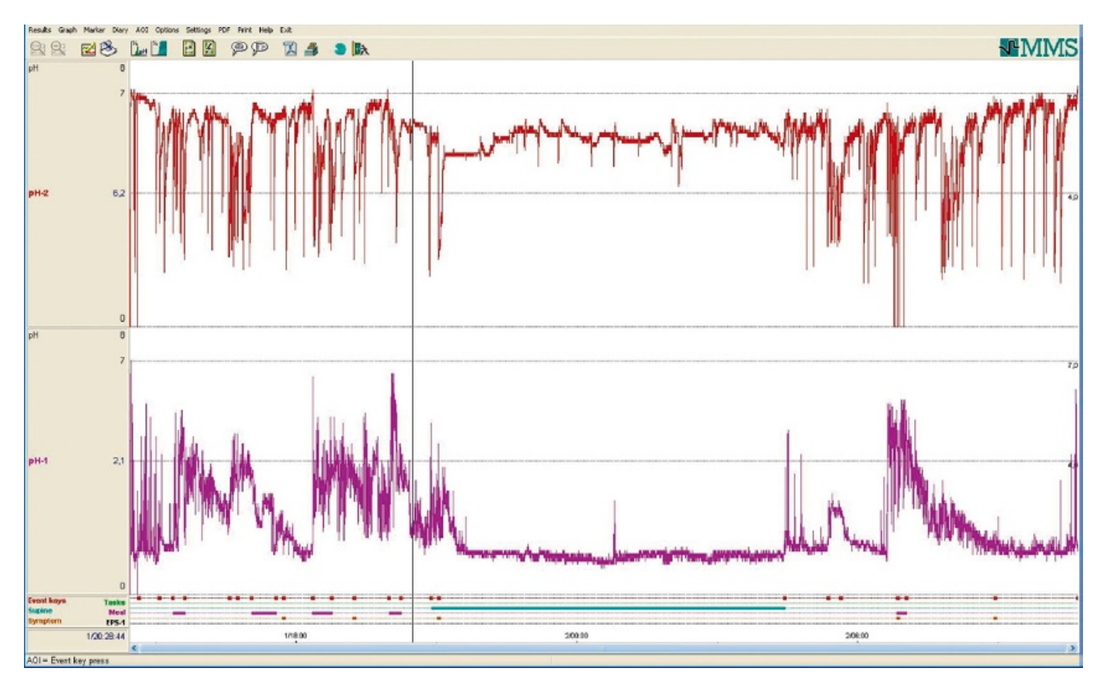


Fig. 4-9. pH-métrie oeso-gastrique.
Enregistrements simultanés sur 24 heures du pH œsophagien et du pH gastrique par une double électrode à antimoine placée d'une part à 5 cm au-dessus du sphincter inférieur de l'œsophage et d'autre part à 10 cm au-dessous du sphincter inférieur de l'œsophage chez un patient ayant un reflux diurne. On peut remarquer que certaines périodes de moindre acidification gastrique peuvent être associées à des reflux acides dans l'œsophage.

établie [13]. Le contrôle de la sécrétion gastrique acide sous traitement par une pH-métrie gastrique est donc une étape utile dans ce cadre. Cependant, il s'agit alors d'une évaluation globale sur l'ensemble des 24 heures et non d'une analyse de concordance temporelle, certains reflux acides survenant même lors d'une période non acide en pH-métrie gastrique. En effet, et même si il est bien établi que des pics d'acidification nocturne surviennent chez les patients lors d'un traitement par IPP *(nocturnal acid breakthrough)*, plusieurs études ont aussi montré que ces périodes d'acidité gastrique importante n'étaient pas clairement associées à la survenue des reflux acides dans l'œsophage.

Conclusion

Si la pH-métrie œsophagienne a constitué une méthode diagnostique essentielle dans l'exploration et la compréhension du RGO pendant une trentaine d'années, sa place doit désormais être rediscutée par rapport à celle de la pH-impédancemétrie. Le consensus de Porto [14] a en effet conclu que pour le diagnostic de RGO, la pH-impédancemétrie était la méthode d'enregistrement qui assurait la sensibilité la plus élevée pour la détection de tous les épisodes de reflux dans l'œsophage quel que soit leur type. En pratique clinique, la pH-métrie œsophagienne reste cependant une excellente méthode diagnostique pour une grande majorité des patients. En effet, chez les malades ayant un RGO, c'est surtout la proportion des reflux acides qui est accrue par rapport à des sujets témoins [15]. Ainsi, les durées prolongées d'enregistrement permises par la capsule Bravo® associées à sa très bonne tolérance doivent encore faire envisager une utilisation assez large de cette méthode d'exploration en pratique courante.

Référentiels ou recommandations

Les recommandations actuellement disponibles sont les suivantes :

– recommandations pour la pratique de la pH-métrie œsophagienne chez l'adulte (SNFGE 2000) [3] ;

– American College of Gastroenterology practice guidelines : Esophageal reflux testing 2007 [4].

Références

[1] Galmiche JP, Scarpignato C. Esophageal pH monitoring. Fonctional évaluation in eosphageal disease. Front Gastrointest Res Basel, Karger 1994 ; 22 : 71–108.

[2] Kahrilas P, Quigley EM. Clinical esophageal pH recording : A technical review for pratice guideline development. Gastroenterology 1996 ; 110 : 1982–96.

[3] Picon L, Bruley des Varannes S, Groupe de travail. Recommandations pour la pratique de la pHmétrie œsophagienne chez l'adulte. Gastroenterol Clin Biol 2000 ; 24 : 931–43.

[4] Hirano I, Richter J. ACG guidelines : esophageal reflux testing. Am J Gastroenterol 2007 ; 102 : 668–85.

[5] Lacy BE, O'Shana T, Hynes M et al. Safety and tolerability of transoral Bravo capsule placement after transnasal manometry using a validated conversion factor. Am J Gastroenterol 2007 ; 102 : 24–32.

[6] Bruley des Varannes S, Mion F, Ducrotté P et al. Simultaneous recordings of oesophageal acid exposure with conventional pH monitoring and a wireless system (Bravo). Gut 2005 ; 54 : 1682–6.

[7] Pandolfino J, Schreiner MA, Lee TJ et al. Comparison of the Bravo wireless and Digitrapper catheter-based pH monitoring systems for measuring esophageal acid exposure. Am J Gastroenterol 2005 ; 100 : 1466–76.

[8] Dickman R, Shapiro M, Malagon IB et al. Assessment of 24-h oesophageal pH monitoring should be divided to awake and asleep rather than upright and supine time periods. Neurogastroenterol Motil 2007 ; 19 : 709–15.

[9] Pandolfino JE, Zhang Q, Schreiner MA et al. Acid reflux event detection using the Bravo wireless versus the slimline catheter pH systems : why are the numbers so different. Gut 2005 ; 54 : 1687–92.

[10] Prakash C, Clouse RE. Value of extending recording time with wireless pH monitoring in evaluating gastroesophageal reflux disease. Clin Gastroenterol Hepatol 2005 ; 3 : 329–34.

[11] Hirano I. Review article : modern technology in the diagnosis of gastroesophageal reflux disease – Bilitec, intraluminal impedance and Bravo capsule pH monitoring. Aliment Pharmacol Ther 2006 ; 23 (Suppl 1) : 12–24.

[12] Zerbib F, Roman S, Ropert A et al. Esophageal pH-impedance monitoring and symptom analysis in GERD : a study in patients off and on therapy. Am J Gastroenterol 2006 ; 101 : 1956–63.

[13] Bell NJ, Burget D, Howden CW, Wilkinson J, Hunt RH. Appropriate acid suppression for the management of gastro-oesophageal reflux disease. Digestion 1992 ; 51 (Suppl 1) : 59–67.

[14] Sifrim D, Castell D, Dent J, Kahrilas PJ. Gastro-oesophageal reflux monitoring : review and consensus report on détection and définitions of acid, non-acid and gas reflux. Gut 2004 ; 53 : 1024–31.

[15] Sifrim D, Holloway R, Silny J et al. Acid, non acid, and gas reflux in patients with gastroesophageal reflux disease during ambulatory 24-h pH impedance recordings. Gastroenterology 2001 ; 120 : 1588–98.

Chapitre 5

Impédancemétrie œsophagienne

F. Zerbib, R. Tutuian

Principes de la technique

L'impédance électrique représente l'opposition à un courant entre deux électrodes ; elle est donc inversement proportionnelle à la conductivité électrique du matériel dans lequel ce courant circule. Les conductivités de la paroi œsophagienne, de l'air ou de différents bolus (salive, contenu gastrique) sont différentes de telle sorte que la présence de chacun de ces éléments au contact d'électrodes placées dans l'œsophage induit un profil d'impédance différent. Ainsi, la présence d'un bolus de faible conductivité comme l'air induit une augmentation de l'impédance (en ohms) entre les deux électrodes, alors qu'un bolus liquide, de haute conductivité électrique, provoque une chute de l'impédance endoluminale.

Les cathéters d'impédancemétrie œsophagienne sont constitués de plusieurs paires d'électrodes cylindriques de 2 à 4 mm séparées de 2 cm. Chaque paire d'électrodes, connectée à un générateur délivrant un courant électrique alternatif de faible amplitude (3 à 6 µA), fournit une valeur d'impédance. L'analyse des profils d'impédance le long du cathéter permet de déterminer le caractère antérograde ou rétrograde du bolus. Ainsi, une déglutition de salive ou d'eau se traduit par une chute de l'impédance qui se propage de manière antérograde, alors que la propagation d'un reflux gastro-œsophagien de liquide (acide ou non) est rétrograde. Un reflux d'air (une éructation) se traduit par une augmentation de l'impédance enregistrée successivement de manière rétrograde ou simultanément par les différentes paires d'électrodes (figure 5-1). Les cathéters d'impédancemétrie œsophagienne sont constitués de plusieurs paires d'électrodes connectées à un générateur délivrant un courant électrique de faible amplitude. Les études chez les sujets sains ont montré que l'impédancemétrie endoluminale pouvait caractériser le transit dans l'œsophage d'un bolus liquide, semi-liquide (visqueux) ou solide. Il est ainsi possible de préciser la présence d'un bolus à différents niveaux de l'œsophage, la vitesse de propagation du front ou de la fin du bolus et le caractère complet ou incomplet du transit de ce bolus. Dans la mesure où des bolus de 1 et 10 mL produisent les mêmes modifications en impédance, cette technique ne permet pas d'évaluer le volume du bolus. La capacité de l'impédancemétrie endoluminale à évaluer le transit d'un bolus dans l'œsophage a été validée à l'aide de techniques fluoroscopiques chez les sujets sains. Les études ont montré d'excellentes corrélations entre les deux techniques tant pour le remplissage que pour la vidange de l'œsophage avec une concordance de 97 % [1].

Couplée à une étude du pH œsophagien, l'impédancemétrie permet de déterminer pour chaque reflux si celui-ci est gazeux, liquidien (acide ou non) ou mixte (gazeux et liquidien) ainsi que son extension proximale dans l'œsophage. Selon le pH minimal enregistré pendant un épisode de reflux détecté en impédancemétrie, on distingue les reflux acides (pH < 4), les reflux faiblement (ou peu) acides (4 < pH < 7) et les reflux faiblement alcalins (pH ≥ 7) [2]. Couplée à une étude des pressions, l'impédancemétrie permet d'évaluer les relations entre motricité œsophagienne et transit d'un bolus (liquide ou solide).

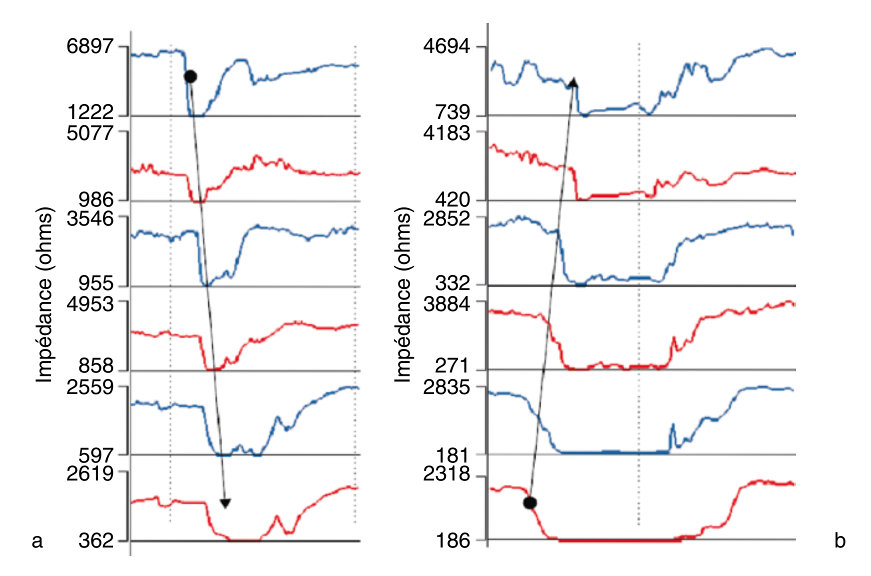


Fig. 5-1. Impédancemétrie endoluminale.
a. Bolus antérograde, chute d'impédance se déplaçant de l'œsophage proximal vers l'œsophage distal.
b. Reflux rétrograde remontant de l'œsophage distal vers l'œsophage proximal.

pH-impédancemétrie œsophagienne

Matériel

La pH-impédancemétrie œsophagienne permet l'étude du reflux gastro-œsophagien quelle que soit sa nature. Les reflux sont détectés en impédancemétrie et leur composition chimique caractérisée par la valeur minimale de pH obtenue pendant le reflux. Les cathéters de pH-impédancemétrie sont donc constitués de plusieurs couples d'électrodes d'impédance et d'électrodes de pH-métrie en antimoine. Les modèles les plus couramment utilisés en clinique comportent huit électrodes d'impédance réparties en six paires distantes de 2 cm le long de l'œsophage et une électrode de pH en antimoine placée 5 cm au-dessus du SIO comme en pH-métrie classique. Certains modèles comportent également une électrode de pH gastrique (figure 5-2a) et ont une électrode de référence cutanée.

Comme la pH-métrie classique, la pH-impédancemétrie est un examen ambulatoire qui nécessite l'utilisation d'un boîtier enregistreur (figure 5-2b) porté à la ceinture ou en bandoulière et comportant un ou plusieurs boutons afin de permettre au patient de signaler des événements (repas, symptômes). On rappelle que le boîtier est aussi un générateur délivrant du courant alternatif de 1 à 2 kHz vers les différentes paires d'électrodes. Le stockage peut se faire sur le boîtier ou une carte mémoire, les données sont ensuite transférées sur un ordinateur et l'analyse de l'enregistrement est effectuée à l'aide de logiciels dédiés.

Réalisation de l'examen

Comme toute pH-métrie, la calibration du système est un préalable indispensable, à l'aide de solutions de pH 4 et 7 le plus souvent. Un système de calibration des électrodes d'impédance est également intégré au processus de calibration permettant de vérifier le bon fonctionnement du cathéter. Il suffit en général de suivre les instructions fournies par le boîtier. Certains systèmes utilisent une électrode de référence cutanée qui doit donc être collée sur la poitrine du patient pendant la procédure de calibration.

Le patient doit se présenter à jeun le matin. En cas d'examen effectué sous traitement antisécrétoire, celui-ci doit être pris le matin avant l'examen avec

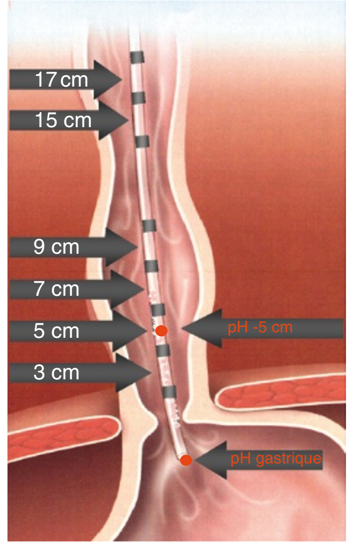




Fig. 5-2. Matériel de pH-impédancemétrie Sandhill®.
a. Cathéter de pH-impédancemétrie composé de huit électrodes de mesures d'impédance à 2, 4, 6, 8, 10, 14, 16 et 18 cm de son extrémité permettant d'obtenir six voies d'impédance. Ce modèle comporte deux électrodes de mesure du pH, l'une dans la cavité gastrique, l'autre placée à 5 cm au-dessus du SIO.
b. Boîtier de pH-impédancemétrie ambulatoire.

un peu d'eau et depuis une période suffisante (une semaine minimum) pour obtenir l'effet antisécrétoire maximal. Le cathéter est introduit dans l'œsophage par une narine après anesthésie locale. Le positionnement du cathéter doit être effectué de telle sorte que l'électrode de pH œsophagienne est située 5 cm au-dessus du SIO comme en pH-métrie classique. La méthode du virage de pH peut être utilisée, mais dans la mesure où les pH-impédancemétries sont le plus souvent effectuées sous traitement antisécrétoire, il est préférable de procéder à une évaluation manométrique de la position du SIO. Cette manométrie peut être effectuée juste avant le placement du cathéter d'impédance. Le cathéter est fixé à la narine. Comme en pH-métrie classique, il est essentiel d'expliquer au patient le fonctionnement du boîtier et l'utilisation des marqueurs d'événement. Il est important que toute prise alimentaire soit signalée par le patient à qui il est demandé de s'abstenir de boire ou de manger en dehors des heures habituelles de repas. Il peut également être conseillé au patient de reproduire les circonstances dans lesquelles les symptômes dont il souffre sont susceptibles de se produire.

Interprétation

L'analyse d'un tracé de pH-impédancemétrie est longue, car il n'existe pas aujourd'hui de système d'analyse informatisé fiable à 100 %. Les épisodes de reflux sont repérés en impédancemétrie puis caractérisés selon la valeur minimale de pH [2]. Les reflux sont définis de la manière suivante :

- les reflux liquides sont définis par une chute d'impédance rétrograde d'au moins 50 %, débutant au niveau du SIO et se propageant au moins à deux segments (figure 5-3). Seuls les épisodes de reflux liquide d'une durée supérieure à 3 secondes sont pris en compte ;
- les reflux gazeux sont définis comme une augmentation, ascendante et rapide (3 kΩ/sec) d'impédance à plus de 5000 Ω, survenant simultanément dans au moins deux segments œsophagiens sans déglutition associée ;

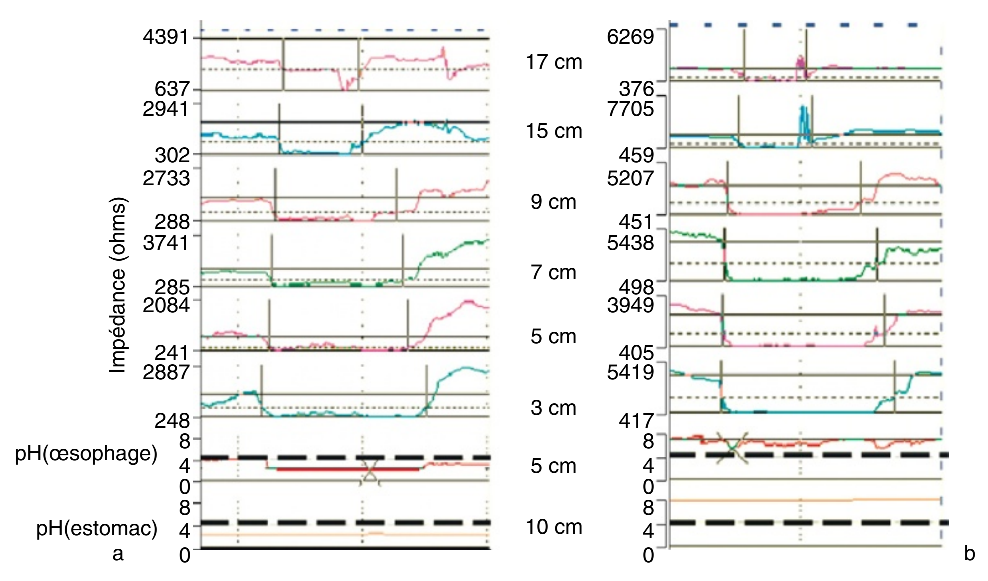


Fig. 5-3. Reflux liquidien.
a. Acide (chute de pH œsophagien < 4).
b. Faiblement acide (chute de pH > 4).

- les reflux mixtes sont définis comme un reflux gazeux survenant immédiatement avant ou pendant un reflux liquidien ;
- reflux acide : reflux de liquide gastrique avec un pH < 4, soit en faisant chuter un pH œsophagien déjà en dessous de 4, soit en faisant passer un pH œsophagien sous le pH 4 ;
- reflux faiblement acide : épisode de reflux associé à un pH entre 7 et 4 ;
- reflux faiblement alcalin : épisode de reflux durant lequel le pH le plus bas reste supérieur à 7.

Pour chaque reflux détecté, la composition, le caractère acide ou non, l'extension proximale, la clairance acide (temps durant lequel le pH reste inférieur à 4) et la clairance « bolus » (temps durant lequel du liquide est présent dans l'œsophage 5 cm au-dessus du SIO) sont ainsi déterminés. Cette analyse « manuelle » peut être facilitée par des logiciels d'aide à l'interprétation permettant de repérer de manière semi-automatique les reflux correspondant aux critères décrits ci-dessus. Une attention particulière doit être portée aux événements signalés par le patient. Les périodes de repas sont exclues de l'analyse. Si une électrode de pH gastrique est utilisée, les informations concernant l'efficacité d'un traitement antisécrétoire peuvent être utiles (échappement sécrétoire nocturne). Les logiciels fournissent ensuite un rapport synthétique dont les paramètres peuvent être modifiés à la demande de l'investigateur. Ces rapports doivent comprendre une analyse de l'association symptomatique comme en pH-métrie classique (index symptomatique, probabilité d'association symptomatique). Les paramètres les plus pertinents devant figurer dans un rapport d'analyse sont indiqués dans l'encadré 5-1.

Même si la pH-impédancemétrie est un outil très performant, il persiste des difficultés d'interprétation non encore résolues. L'analyse peut être difficile en cas de ligne de base très faible rendant délicate la détection des chutes d'impédance (œsophage de Barrett, stase liquidienne), de déglutitions multiples, ou si les périodes de repas ne sont pas correctement signalées. Les chutes de pH isolées (sans reflux détecté en impédancemétrie) posent problème. Il peut s'agir d'artéfacts techniques (dérive de l'électrode de pH-métrie), voire de déglutitions « acides » (ingestion d'un verre de jus d'orange, par exemple). L'impédancemétrie peut alors être considérée comme un contrôle

Encadré 5-1

Exemple d'un compte rendu type de pH–impédancemétrie œsophagienne

Indication : ....

Examen SANS ou AVEC traitement antisécrétoire (drogue, posologie, horaire de prise)

Modalités d'enregistrement : ambulatoire externe/hospitalisé

Analyse qualitative de l'enregistrement : ....

Analyse quantitative :

- nombre total de reflux
- nombre de reflux acides, faiblement acides, faiblement alcalins (position couchée ou debout)
- nombre de reflux liquides, mixtes ou gazeux purs
- nombre de reflux avec extension proximale (au moins 15 cm au-dessus du SIO)
- exposition acide œsophagienne (pourcentage de temps passé à pH < 4 dans l'œsophage)
- exposition « bolus » œsophagienne (pourcentage de temps passé avec du liquide dans l'œsophage)
- pH gastrique médian
- médiane du temps de clairance du bolus (déterminée à 5 cm au-dessus du SIO)

Analyse des symptômes survenus durant l'enregistrement :

Index symptomatique :

Type	Nombre	IS reflux acide (%)	IS reflux non acide (%)
....	....	....	....

Probabilité d'association symptomatique :

Type	Nombre	SAP reflux acide (%)	PAS reflux non acide (%)
....	....	....	....

CONCLUSION : ....

interne et permet de corriger ce qui serait apparu comme un reflux acide en pH-métrie seule. Néanmoins, dans certaines situations, on ne peut totalement éliminer l'éventualité d'un reflux acide non détecté en impédancemétrie (défaut de sensibilité).

L'analyse entièrement automatisée est possible avec le logiciel Bioview® fourni avec le matériel Sandhill®, mais ses performances, qui ont été comparées à l'analyse manuelle, sont insuffisantes pour en recommander l'emploi exclusif [3]. Ce logiciel a tendance à surestimer le nombre total de reflux, en particulier peu acides, le nombre de reflux gazeux purs et l'extension proximale des reflux, sa précision diagnostique globale étant de 75 %. En pratique, quand ce logiciel est disponible, on peut conseiller une analyse automatique première puis une correction manuelle (ajout ou suppression d'événements, correction de début ou de fin de reflux, de l'extension proximale). Initialement, l'analyse d'un tracé peut prendre 2 à 3 heures, puis avec l'expérience et selon le nombre de reflux et la qualité des tracés, une analyse complète (automatique puis manuelle) prend entre 30 et 60 minutes.

Valeurs normales

Si des valeurs normales ont été établies, la plupart des experts s'accordent pour considérer que l'analyse quantitative pure (nombre de reflux, exposition bolus, etc.) est moins pertinente que l'analyse de l'association symptomatique en pratique clinique. Deux séries de valeurs normales similaires ont été obtenues chez des sujets sains sans traitement aux États-Unis [4] et en Europe [5] (tableau 5-1). Il existe également des valeurs normales obtenues sous double dose d'inhibiteurs de la pompe à

Tableau 5-1 Valeurs normales obtenues chez des sujets sains sans traitement ; médiane (95e percentile).

	Shay *et al.* (2004) (n = 60)	Zerbib *et al.* (2005) (n = 72)
Nombre total de reflux	30 (73)	44 (75)
Reflux acides	18 (55)	22 (50)
Reflux peu acides	9 (26)	11 (33)
Reflux faiblement alcalins	0 (1)	3 (15)*
Exposition bolus (%)	0,5 (1,4)	0,8 (2,0)
Exposition acide (%)	1,2 (6,3)	1,6 (5,0)
Clairance du bolus (sec)	10,8	11,0

* Définis dans cette étude par un pH < 6,5 et non 7,0.

Tableau 5-2 Valeurs normales du nombre de reflux obtenus en pH-impédancemétrie chez 20 sujets sains sans traitement et sous ésoméprazole 40 mg matin et soir.

		Sans traitement		Avec traitement	
		Médiane	*95e percentile*	*Médiane*	*95e percentile*
5 cm au-dessus du SIO	Total	46,5	71,6	19,0	52,3
	Acides	26,5	45,0	0,0	20,5
	Non acides	19,0	29,9	18,0	52,0
15 cm au-dessus du SIO	Total	12,5	35,6	6,0	22,6
	Acides	9,0	24,0	0,0	8,7
	Non acides	4,0	12,9	5,0	22,6

protons chez des sujets sains asymptomatiques [6] (tableau 5-2).

Pathologie

La pH-impédancemétrie œsophagienne est la technique la plus sensible pour détecter tous les types de reflux gastro-œsophagien et particulièrement les reflux dits « non acides ». Cette terminologie ne devrait pas être employée car un reflux dont le pH minimal est entre 4 et 7 est « acide » d'un point de vue chimique. Le terme de reflux peu ou faiblement acide est préférable. De même, un reflux dont le pH est supérieur à 7 est appelé peu ou faiblement alcalin. Néanmoins, dans la littérature, le terme de reflux non acide est fréquemment employé et regroupe les reflux peu acides et peu alcalins.

pH-impédancemétrie sans traitement

Toutes les études montrent que la pH-impédancemétrie réalisée chez un patient sans traitement antisécrétoire apporte peu par rapport à la pH-métrie classique. Globalement, on considère que la « valeur ajoutée » diagnostique de l'impédancemétrie n'est que de 5 à 10 %, ce qui signifie que chez un patient sans antisécrétoire, le rôle des reflux peu acides est marginal par rapport aux reflux acides [7, 8]. En cas de manifestations atypiques de RGO, la pH-impédancemétrie peut avoir un intérêt, essentiellement en cas de toux chronique inexpliquée. Ainsi, chez des patients très sélectionnés, et en utilisant un système de détection des épisodes de toux par capteurs de pression, Blondeau *et al.* ont montré que la toux pouvait être associée à un reflux faiblement acide chez 21 % des patients sans IPP [9]. En revanche, en cas de manifestations ORL, l'apport de cet examen est très limité, même en prenant en compte les reflux avec extension vers l'œsophage proximal [10].

pH-impédancemétrie sous traitement

La valeur ajoutée diagnostique de la pH-impédancemétrie par rapport à la pH-métrie classique

est très nette quand l'examen est réalisé sous IPP. Ceci a été confirmé par deux grandes études américaine et franco-belge qui ont montré que dans ces conditions, un reflux peu acide est associé aux symptômes chez 30 à 40 % des patients présentant des symptômes persistants sous IPP double dose [8, 11], alors que seulement 5 à 10 % des patients ont des symptômes en rapport avec un reflux acide persistant qui aurait été détecté en pH-métrie classique. Les symptômes les plus souvent associés aux reflux peu acides sont les régurgitations, la toux, le pyrosis. Il faut également noter que dans ces études, 50 à 60 % des patients ont des symptômes qui ne sont associés à aucun type de reflux. Un des intérêts de la pH-impédancemétrie est donc d'éliminer chez un grand pourcentage de patients la responsabilité éventuelle du RGO dans la persistance de symptômes sous IPP. Ceci est particulièrement important si une chirurgie antireflux est envisagée. En effet, on dispose de peu d'études de suivi, mais des résultats préliminaires montrent que la pH-impédancemétrie permettrait de sélectionner les bons candidats à la chirurgie en cas de symptômes réfractaires aux IPP [12].

Plusieurs points restent discutés concernant la pH-impédancemétrie sous traitement : simple ou double dose d'IPP? quel test d'association symptomatique (IS ou PAS)? quelle fenêtre de temps pour définir l'association symptôme–reflux (2 minutes ? 5 minutes ? autre ?). Il est également urgent de disposer de données plus solides de suivi après chirurgie antireflux indiquée sur les résultats de pH-impédancemétrie et éventuellement d'analyses médico-économiques évaluant les performances de cet examen en termes de coût–efficacité.

Indications

Symptômes typiques de reflux gastro-œsophagien

En cas de symptômes typiques (pyrosis, régurgitations), la pH-impédancemétrie est un examen incontournable pour l'exploration de symptômes de RGO persistants sous IPP. Dans ce contexte, l'examen doit être réalisé sous traitement (IPP simple ou double dose) afin d'établir une association entre symptômes persistants et reflux peu acides. Cet examen devrait être systématique avant toute chirurgie antireflux motivée pour « résistance » au traitement médical, d'autant plus que le RGO n'est pas préalablement documenté par la présence d'une œsophagite peptique ou une pH-métrie pathologique. En effet, chez plus de la moitié des patients présentant des symptômes malgré des IPP, aucune relation entre reflux et symptômes ne peut être démontrée et il s'agit donc de mauvais candidats à la chirurgie.

Symptômes atypiques

En cas de symptômes atypiques isolés, le choix est plus difficile et dépend beaucoup de la probabilité supposée que les symptômes soient en rapport avec le reflux.

En cas de probabilité élevée (RGO acide connu, œsophagite peptique, symptômes typiques contrôlés mais persistance de symptômes atypiques), il semble préférable de réaliser l'examen sous traitement.

En cas de probabilité faible (symptômes ORL isolés, RGO jamais documenté), il est préférable de réaliser l'examen sans traitement afin d'éliminer un RGO acide : il est très rare, voire exceptionnel, qu'un reflux peu acide soit symptomatique sous IPP, alors qu'il n'existe aucun reflux acide pathologique sans IPP. Dans ces conditions, la logique est plutôt de proposer une pH-métrie sans traitement plutôt qu'une pH-impédancemétrie qui devient alors un examen de deuxième intention.

En cas de toux chronique, peut se discuter la pH-impédancemétrie sans traitement chez des patients bien sélectionnés (bilan ORL et pneumologique complet comprenant un test de réactivité bronchique) car une association toux/reflux peu acide est possible.

Référentiels ou recommandations

Les seules recommandations disponibles à ce jour sont celles de l'*American College of Gastroenterology* [13] et ont largement inspiré les propositions ci-dessus.

Mano-impédancemétrie

Matériel

Les systèmes d'étude couplée de la manométrie et de l'impédance de l'œsophage permettent l'évaluation simultanée des pressions œsophagiennes et de la présence d'un bolus dans l'œsophage, et donc la quantification simultanée du péristaltisme œsophagien et du transit du bolus. Les capteurs d'impédance peuvent être montés sur une sonde de manométrie à capteurs perfusés ou solides sans changer le diamètre des sondes. Bien qu'il n'y ait pas de standard, la plupart des systèmes comportent des électrodes d'impédance positionnées de part et d'autre d'un capteur de pression. Les cathéters de mano-impédancemétrie avec capteurs de pression non perfusés (électroniques) comportent quatre voies d'impédance et cinq voies de pression (figure 5-4) permettant l'enregistrement simultané des pressions au niveau du SIO, du péristaltisme œsophagien et de la présence d'un bolus 5, 10, 15 et 20 cm au-dessus du SIO. Comme la manométrie œsophagienne seule, l'examen dure 20–30 minutes; les données sont généralement numérisées et traitées à l'aide de logiciels dédiés.

Réalisation de l'examen

Comme en manométrie, le système est calibré à 0 et 100 mmHg. Après anesthésie locale de la narine, le cathéter est introduit par le nez dans l'œsophage jusque dans l'estomac. Les sujets sont allongés afin de minimiser l'effet de la gravité. Les limites proximales et distales du SIO sont repérées par la technique du retrait progressif (centimètre par centimètre ou 0,5 cm par 0,5 cm) puis le capteur distal est placé au niveau du SIO. Il est ensuite demandé au sujet d'avaler de petites quantités (5–10 mL) de sérum salé 0,9 % (dix déglutitions) puis une solution visqueuse (dix déglutitions). Le sérum salé est préféré à l'eau car le signal en impédance est de meilleure qualité. Les doubles déglutitions sont exclues de l'analyse.

Interprétation de l'examen

Elle fait appel aux critères manométriques et d'impédancemétrie.

Les critères manométriques sont basés sur les données obtenues chez des sujets sains [14] et chaque déglutition est classée ainsi :

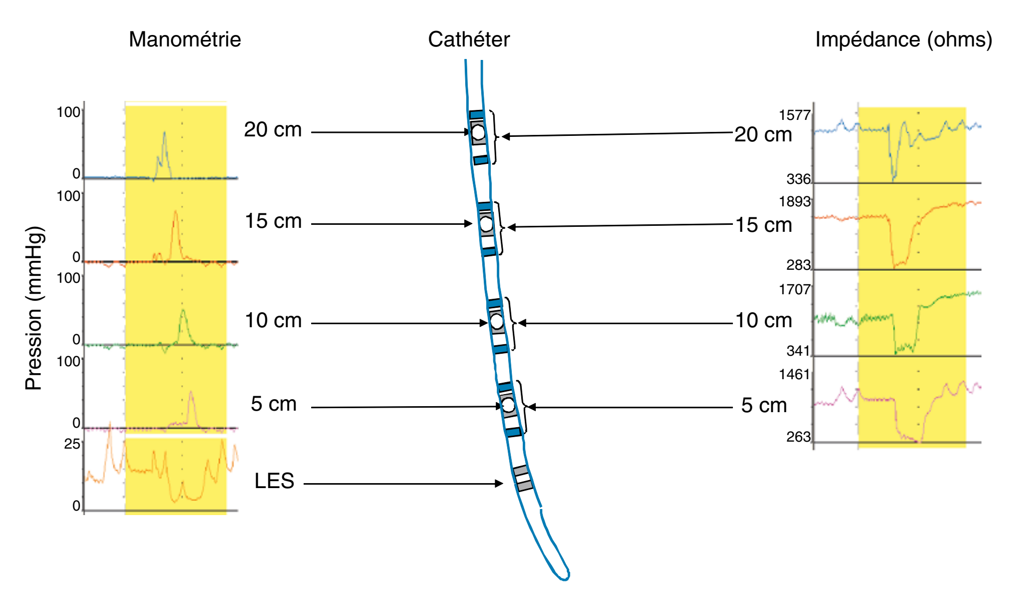


Fig. 5-4. Cathéter de mano-impédancemétrie avec capteurs de pression et segments de mesure d'impédance correpondant à 5, 10, 15 et 20 cm au-dessus du sphincter inférieur de l'œsophage (LES).
Cette configuration permet la mesure simultanée durant la même déglutition, de la pression et du transit du bolus œsophagien.

- péristaltisme normal si l'amplitude de la contraction est supérieure à 30 mmHg dans l'œsophage distal et que la vitesse de propagation du début de l'onde est inférieure à 8 cm/sec ;
- inefficace si l'amplitude de la contraction est inférieure à 30 mmHg dans l'œsophage distal (également appelé déglutition « non transmise » ou « échec de péristaltisme » par certains auteurs) ;
- simultanée si l'amplitude de la contraction est supérieure à 30 mmHg dans l'œsophage distal avec propagation simultanée (vitesse de propagation du début de l'onde supérieure à 8 cm/sec) ou rétrograde.

Pour l'interprétation globale manométrique, nous recommandons les critères détaillés dans le chapitre 1.

L'interprétation de l'impédancemétrie repose sur les données obtenues chez des sujets sains [15]. Chaque déglutition est classée ainsi (figure 5-5) :

- transit complet du bolus si l'impédance détecte l'entrée du bolus dans l'œsophage proximal, et la sortie du bolus au niveau de l'œsophage distal à 15, 10 et 5 cm au-dessus du SIO ;
- transit incomplet du bolus défini par la rétention du bolus à au moins un niveau des capteurs de l'œsophage distal.

Globalement, on considère que les patients ont un transit normal du bolus œsophagien si au moins 80 % des déglutitions liquides et 70 % des déglutitions visqueuses ont un transit normal. Inversement, le transit est anormal si 30 % ou plus des déglutitions liquides et/ou 40 % ou plus des déglutitions visqueuses ont un transit incomplet (tableau 5-3).

Valeurs normales

La première série de valeurs normales de mano-impédancemétrie a été établie dans une étude multicentrique incluant 43 volontaires sains : respectivement plus de 90 % et 70 % des sujets sains ont un transit complet pour les liquides et bolus visqueux [15]. Des résultats similaires ont été retrouvés dans une étude hollandaise [16] utilisant des capteurs manométriques perfusés, mais les auteurs ont proposé une définition un peu différente d'une clairance normale du bolus œsophagien à savoir une clairance complète dans 70 % et 60 % des déglutitions liquides et visqueuses respectivement. Une troisième série chez 25 sujets sains a retrouvé des résultats proches mais a en plus défini des valeurs normales de la basale en impédance ainsi qu'un gradient de chute

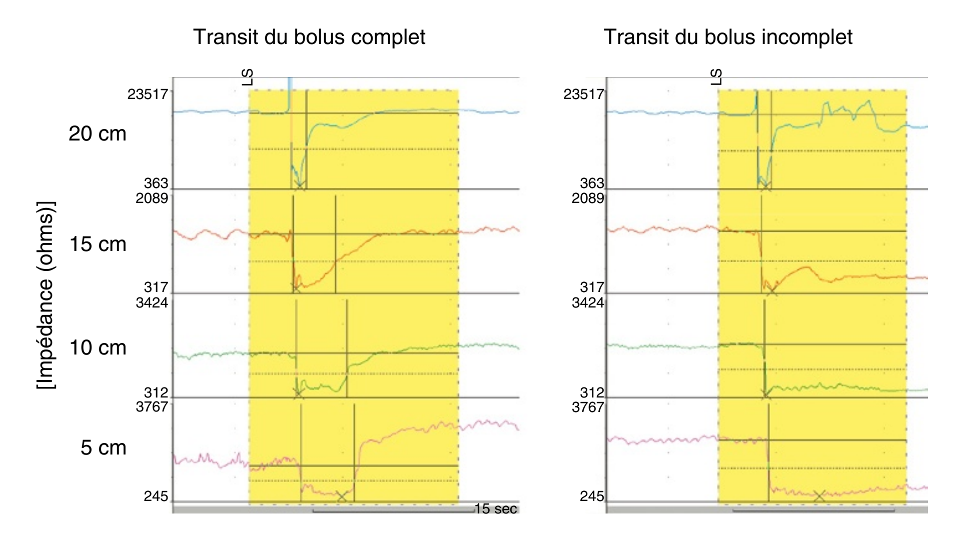


Fig. 5-5. Exemples de déglutitions avec transit du bolus complet et incomplet.
Le transit complet du bolus est défini par l'entrée du bolus 20 cm au-dessus du SIO et la sortie du bolus au niveau de l'œsophage distal à 15, 10 et 5 cm au-dessus du SIO. Le transit incomplet du bolus est défini par la rétention du bolus à au moins un niveau des capteurs de l'œsophage distal (15, 10 et 5 cm au-dessus du SIO).

Tableau 5-3 Exemple d'un compte rendu type de mano-impédancemétrie œsophagienne.

Sphincter inférieur de l'œsophage				
Indications	Localisation … cm			
	Longueur … cm			
	Pression de repos …mmHg			
		Liquides	*Visqueux*	
	Pression résiduelle	… mmHg	… mmHg	
	Durée de relaxation	… sec	… sec	
Déglutitions liquides (n = 10) (sérum salé)				
Manométrie	Amplitude des ondes (cm au-dessus SIO)		Normales (mmHg)	
	20 cm	… mmHg	30–130	
	15 cm	… mmHg	< 180	
	10 cm	… mmHg	30–190	
	5 cm	… mmHg	30–200	
	Ondes distales	… mmHg	30–190	
	Vitesse propagation	… cm/sec	1–8 cm/sec	
Mano-impédancemétrie		*Transit du bolus*		
		Total	Complet	Incomplet
	Péristaltique			
	Inefficace			
	Simultanée			
	Total			
	Normale ≥ 8 transits complets			
Déglutitions visqueuses (n = 10)				
Manométrie	Amplitude des ondes (cm au-dessus SIO)		Normales (mmHg)	
	20 cm	… mmHg	30–140	
	15 cm	… mmHg	< 180	
	10 cm	… mmHg	30–190	
	5 cm	… mmHg	30–200	
	Ondes distales	… mmHg	30–180	
	Vitesse propagation	… cm/sec	1–8 cm/sec	
Mano-impédancemétrie		*Transit du bolus*		
		Total	Complet	Incomplet
	Péristaltique			
	Inefficace			
	Simultanée			
	Total			
	Normale ≥ 7 transits complets			
Synthèse				
Manométrie :				
Impédance :				
Conclusion globale :				

d'impédance lors des déglutitions de sérum salé et de yaourt [17].

Pathologie

Une étude impliquant 350 patients consécutifs avec différentes anomalies manométriques et testés en mano-impédancemétrie a permis de caractériser les anomalies de transit du bolus œsophagien chez ces patients [18]. Tous les patients avec achalasie et œsophage sclérodermique avaient une clairance anormale du bolus pour les liquides et les solides. Un transit normal pour les liquides était observé chez 95 % des patients avec manométrie normale, œsophage casse-noisettes et anomalies isolées du SIO (défaut de relaxation, hypertonie ou hypotonie). Environ la moitié des patients avec motricité œsophagienne inefficace et spasmes diffus de l'œsophage avaient un transit normal pour les liquides. Une étude chez 70 patients avec motricité œsophagienne inefficace a montré qu'il n'y avait pas de seuil manométrique idéal permettant de prédire un transit normal du bolus [19] ; ainsi le seuil de 30 % de déglutitions inefficaces est trop sensible et manque de spécificité. Chez ces patients, le transit normal du bolus est dépendant de l'amplitude moyenne des ondes œsophagiennes distales, du nombre de sites avec contraction de faible amplitude et du nombre global de déglutitions inefficaces. De plus, un tiers des patients avec motricité inefficace avait un transit normal des liquides et semi-solides (trouble fonctionnel léger), un tiers avait un transit anormal pour les liquides et/ou les semi-solides (trouble modéré) et un tiers avait un transit anormal des liquides et des semi-liquides (trouble sévère). Des études de suivi permettent de définir si ces anomalies fonctionnelles chez les patients avec motricité œsophagienne inefficace peuvent prédire la survenue d'une dysphagie post-fundoplicature.

La mano-impédancemétrie a été évaluée chez 40 patients avec dysphagie non obstructive [20]. Un transit anormal pour les bolus liquides et/ou visqueux était trouvé chez 35,3 % des patients avec motricité normale, 66,7 % en cas de spasmes diffus et chez 100 % des patients achalasiques. Associée à la manométrie, l'impédancemétrie peut donc identifier un trouble fonctionnel œsophagien chez des patients présentant une dysphagie et une manométrie normale ou avec anomalies non spécifiques.

La mano-impédancemétrie peut apporter des informations complémentaires chez les patients avec dysphagie post-fundoplicature [21]. Ainsi, chez 80 patients avec fundoplicature type Nissen (dont 52 patients avec dysphagie), la prévalence des troubles du péristaltisme œsophagien était similaire chez les patients avec (17 %) et sans (14 %) dysphagie. En revanche, les anomalies de transit du bolus œsophagien étaient plus fréquentes chez les patients avec dysphagie (61 %) que chez ceux sans dysphagie (32 %, $p < 0{,}01$).

Chez les patients avec achalasie de l'œsophage, il a été montré que le pourcentage de déglutitions avec transit complet du bolus était significativement plus faible chez les patients non traités (5 % liquides, 2 % visqueuses) que chez les patients opérés (28 % et 19 % respectivement de déglutitions liquides ou visqueuses) [22].

Indications

Les indications de la mano-impédancemétrie sont celles de la manométrie œsophagienne conventionnelle : dysphagie non obstructive, douleurs thoraciques inexpliquées et symptômes de RGO ne répondant pas aux IPP. Dans ces situations cliniques, les informations sur le transit du bolus œsophagien peuvent aider à mettre en évidence des anomalies fonctionnelles non objectivées en manométrie conventionnelle [23]. Elle peut être également utilisée pour localiser le SIO avant pH-(impédance)métrie et, dans la mesure où le cathéter est en place, la réalisation de déglutitions liquides ou visqueuses n'entraîne pas une prolongation inacceptable de la procédure.

Référentiels ou recommandations

Il n'existe pas de recommandations spécifiques mais des références détaillées peuvent être trouvées dans la revue technique de l'AGA sur les explorations de la motricité œsophagienne [24] et dans une revue récente sur les nouvelles technologies pour l'évaluation des troubles moteurs œsophagiens [25].

Références

[1] Imam H, Shay S, Ali A, Baker M. Bolus transit patterns in healthy subjects : a study using simultaneous impedance monitoring, videoesophagram, and esophageal manometry. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol 2005 ; 288 : G1000–6.

[2] Sifrim D, Castell D, Dent J, Kahrilas PJ. Gastro-oesophageal reflux monitoring : review and consensus report on detection and definitions of acid, non-acid, and gas reflux. Gut 2004 ; 53 : 1024–31.

[3] Roman S, Bruley des Varannes S, Pouderoux P, Chaput U, Mion F, Galmiche JP, Zerbib F. Ambulatory 24-h oesophageal impedance-pH recordings : reliability of automatic analysis for gastro-oesophageal reflux assessment. Neurogastroenterol Motil 2006 ; 18 : 978–86.

[4] Shay S, Tutuian R, Sifrim D et al. Twenty-four hour ambulatory simultaneous impedance and pH monitoring : a multicenter report of normal values from 60 healthy volunteers. Am J Gastroenterol 2004 ; 99 : 1037–43.

[5] Zerbib F, Bruley des Varannes S, Roman S et al. Normal values and day-to-day variability of 24-h ambulatory oesophageal impedance-pH monitoring in a belgian-french cohort of healthy subjects. Aliment Pharmacol Ther 2005 ; 22 : 1011–21.

[6] Tutuian R, Mainie I, Agrawal, A, Freeman, J, Castell DO. Normal values for ambulatory 24-h combined impedance-pH monitoring on acid suppressive therapy. Gastroenterology 2006 ; 130 : A171.

[7] Bredenoord AJ, Weusten BL, Timmer R, Conchillo JM, Smout AJ. Addition of esophageal impedance monitoring to pH monitoring increases the yield of symptom association analysis in patients off PPI therapy. Am J Gastroenterol 2006 ; 101 : 453–9.

[8] Zerbib F, Roman S, Ropert A, des Varannes SB, Pouderoux P, Chaput U, Mion F, Verin E, Galmiche JP, Sifrim D. Esophageal pH-impedance monitoring and symptom analysis in GERD : a study in patients off and on therapy. Am J Gastroenterol 2006 ; 101 : 1956–63.

[9] Blondeau K, Dupont LJ, Mertens V, Tack J, Sifrim D. Improved diagnosis of gastro-oesophageal reflux in patients with unexplained chronic cough. Aliment Pharmacol Ther 2007 ; 25 : 723–32.

[10] Benkhaldoun L, Roman S, Ropert A, Pouderoux P, Chaput U, Mion F, Zerbib F. ENT symptoms and non acid gastro-esophageal reflux. A study with 24-hour ambulatory esophageal pH-impedance in patients off and on PPI therapy. Gastroenterology 2007 ; 132 : A480.

[11] Mainie I, Tutuian R, Shay S, Vela M, Zhang X, Sifrim D, Castell DO. Acid and non-acid reflux in patients with persistent symptoms despite acid suppressive therapy : a multicentre study using combined ambulatory impedance-pH monitoring. Gut 2006 ; 55 : 1398–402.

[12] Mainie I, Tutuian R, Agrawal A, Adams D, Castell DO. Combined multichannel intraluminal impedance-pH monitoring to select patients with persistent gastro-oesophageal reflux for laparoscopic Nissen fundoplication. Br J Surg 2006 ; 93 : 1483–7

[13] Hirano I, Richter JE. ACG practice guidelines : esophageal reflux testing. Am J Gastroenterol 2007 ; 102 : 668–85.

[14] Richter JE, Wu WC, Johns DN, Blackwell JN, Nelson JL 3rd, Castell JA, Castell DO. Esophageal manometry in 95 healthy adult volunteers. Dig Dis Sci 1987 ; 32 : 583–92.

[15] Tutuian R, Vela MF, Balaji N, Wise JL, Murray JA, Peters JH, Shay SS, Castell DO. Esophageal function testing using combined multichannel intraluminal impedance and manometry. Multicenter study of healthy volunteers. Clin Gastroenterol Hepatol 2003 ; 1 : 174–82.

[16] Nguyen NQ, Rigda R, Tippett M, Conchillo J, Smout AJ, Holloway RH. Assessment of oesophageal motor function using combined perfusion manometry and multi-channel intra-luminal impedance measurement in normal subjects. Neurogastroenterol Motil 2005 ; 17 : 458–65.

[17] Nguyen HN, Domingues GR, Winograd R, Koppitz P, Lammert F, Silny J, Matern S. Impedance characteristics of normal oesophageal motor function. Eur J Gastroenterol Hepatol 2003 ; 15 : 773–80.

[18] Tutuian R, Castell DO. Combined multichannel intraluminal impedance and manometry clarifies esophageal function abnormalities. Study in 350 patients. Am J Gastroenterol 2004 ; 99 : 1011–9.

[19] Tutuian R, Castell DO. Clarification of the esophageal function defect in patients with manometric ineffective esophageal motility : studies using combined impedance-manometry. Clin Gastroenterol Hepatol 2004 ; 2 : 230–6.

[20] Conchillo JM, Nguyen NQ, Samsom M, Holloway RH, Smout AJ. Multichannel intraluminal impedance monitoring in the evaluation of patients with non-obstructive dysphagia. Am J Gastroenterol 2005 ; 100 : 2624–32.

[21] Imam H, Baker M, Shay S. Simultaneous barium esophagogram (Ba), impedance monitoring (Imp) and manometry (Ba-Imp-Manometry) in patients with dysphagia due to tight fundoplication. Gastroenterology 2004 ; 126 Suppl 2 : A–639 [Abstract].

[22] Tatum RP, Wong JA, Figueredo EJ, Martin V, Oelschlager BK. Return of esophageal function after treatment for achalasia as determined by impedance-manometry. J Gastrointest Surg 2007 ; 11 : 1403–9.

[23] Koya DL, Agrawal A, Freeman JE, Castell DO. Impedance detected abnormal bolus transit in patients with normal esophageal manometry. Sensitive indicator of esophageal functional abnormality? Dis Esophagus 2008 ; 21 : 563–9.
[24] Pandolfino JE, Kahrilas PJ. American Gastroenterological Association. AGA technical review on the clinical use of esophageal manometry. Gastroenterology 2005 ; 128 : 209–24.
[25] Hirano I, Pandolfino J. New technologies for the evaluation of esophageal motility disorders : impedance, high-resolution manometry, and intraluminal ultrasound. Gastroenterol Clin North Am 2007 ; 36 : 531–51.

Chapitre 6

Tests respiratoires au carbone 13 en explorations fonctionnelles digestives

F. Mion

Le principe des tests respiratoires *(breath tests)* utilisés en explorations fonctionnelles digestives repose sur la détection dans les gaz expirés d'hydrogène ou de gaz carbonique provenant du tube digestif (ou du métabolisme hépatique). Ils impliquent donc l'administration au sujet, le plus souvent par voie orale, mais parfois parentérale, d'un substrat (traceur) dont le métabolisme produit un des deux gaz cités ci-dessus. L'intérêt de ces tests réside dans leur caractère non invasif, qui permet d'explorer différentes fonctions digestives sans aucun traumatisme pour les patients.

Nous nous limitons ici aux tests respiratoires au CO_2 (les tests respiratoires à l'hydrogène sont traités dans le chapitre 9) utilisant des traceurs marqués avec des isotopes du carbone, qui permettent de distinguer, au sein du CO_2 exhalé, celui produit par le métabolisme du substrat administré. Deux isotopes du carbone sont disponibles :

- le carbone 14, présent naturellement à l'état de trace, n'est plus utilisable en France pour une administration humaine, du fait de sa radioactivité (bien que son utilisation soit légale dans d'autres pays de l'Union européenne comme la Belgique) ;
- le carbone 13, isotope non radio-actif. Du fait de son abondance naturelle non négligeable (environ 1,1 %), l'utilisation de cet isotope impose d'administrer des quantités significativement plus importantes de substrat, afin de pouvoir détecter des variations d'enrichissement isotopique du CO_2 expiré. Cette abondance naturelle impose donc de mesurer pour chaque sujet l'enrichissement basal du CO_2 expiré en carbone 13. Celui-ci peut en effet varier en fonction de l'alimentation, car il existe une discrimination isotopique dans l'utilisation des carbones 12 et 13 dans les deux voies de la photosynthèse : les plantes fixant le CO_2 dans une molécule intermédiaire à trois atomes de carbone utilisent moins de carbone 13 que celles fixant le CO_2 dans un intermédiaire à quatre atomes de carbone. Ainsi, les hydrates de carbone extraits du maïs ou de la canne à sucre sont plus enrichis en carbone 13 que ceux dérivés de la betterave (tableau 6-1). Il en découle par exemple que le niveau d'enrichissement en carbone 13 du $^{13}CO_2$ dans les gaz expirés des Américains du Nord est significativement supérieur à celui des Européens, du fait d'une alimentation plus riche en produits dérivés du maïs. En pratique courante, ceci a essentiellement une importance pour les sujets en alimentation parentérale au moment du test : l'enrichissement basal en $^{13}CO_2$ dans les gaz expirés est très nettement supérieur à la normale, les substrats glucidiques et lipidiques présents dans les perfusions étant très enrichis en carbone 13.

Le principe de ces tests consiste à administrer (par voie orale le plus souvent) un substrat préalablement marqué au ^{14}C ou au ^{13}C, qui sert à caractériser une fonction ou un système enzymatique par

Tableau 6-1 Abondance relative en carbone 13 des constituants alimentaires*.

Composant		% carbone 13 (delta ‰)
Protéines	Caséine	1,0855 (–24,5)
Lipides	Huile de maïs	1,0950 (–14,8)
	Huile de noix de coco	1,0828 (–25,9)
Hydrates de carbone	Sucrose de betterave	1,0967 (–22,3)
	Sucrose de canne à sucre	1,0971 (–12,9)
	Sucrose de maïs	1,0983 (–11,8)

*Les mesures très sensibles du rapport isotopique $^{13}C/^{12}C$ (exprimées en delta ‰) permettent de rendre très significative les différences en apparence mineures en teneur en carbone 13 (d'après Schoeller DA, Klein PD, Watkins JB, Heim T, MacLean WC Jr. ^{13}C abundances of nutrients and the effect of variations in ^{13}C isotopic abundances of test meals formulated for $^{13}CO_2$ breath tests. *Am J Clin Nutr* 1980 : 33 : 2375-85).

la mesure de l'élimination du $^{14}CO_2$ ou du $^{13}CO_2$ dans les gaz expirés. La mesure n'est spécifique que si le CO_2 marqué et expiré reflète de façon certaine la fonction ou le système enzymatique explorés. Cependant, le CO_2 est un métabolite terminal de nombreuses réactions : les étapes métaboliques qui peuvent se succéder entre l'ingestion du substrat testé, la fonction ou le système enzymatique que l'on veut étudier et l'excrétion du CO_2 marqué sont nombreuses. Ceci constitue la principale limite des tests respiratoires au CO_2, le métabolite expiré étant le produit de différentes étapes successives. Si ces étapes intermédiaires sont « constantes », elles ne sont pas limitantes dans l'interprétation du test. Cependant, ces étapes du métabolisme intermédiaire peuvent être affectées par différentes situations cliniques qui diminuent ou augmentent le taux d'oxydation de la substance ingérée ou qui modifient la biodisponibilité du CO_2 et peuvent rendre le test ininterprétable. C'est probablement le cas lors de certaines perturbations métaboliques (diabète, dysthyroïdie, obésité, dénutrition), lors d'états fébriles ou de modification du pool des bicarbonates (affections respiratoires, désordres acidobasiques).

Le sujet étudié ingère à jeun un substrat marqué au ^{13}C, variable selon l'application considérée. Les échantillons d'air sont recueillis à intervalles réguliers *(cf. infra)*. La durée du test dépend de l'indication et de la fonction que l'on cherche à caractériser. Il est préférable que les patients soient au repos pendant cette période. La teneur en ^{13}C dans les gaz expirés est exprimée en pourcentage de la dose de ^{13}C administrée, excrétée dans les gaz expirés par heure (pourcentage dose/heure) ou en valeur cumulée sur la totalité du test (pourcentage dose cumulée) [1].

Obstacles administratifs

Les tests respiratoires au carbone 13 sont inscrits en France à la CCAM (ZZQL008), mais sont non tarifants : leur utilisation reste donc essentiellement du domaine de la pratique clinique hospitalière ou de la recherche.

Les substrats marqués au carbone 13 sont obtenus par synthèse chimique, ils sont donc considérés en France comme des médicaments et doivent disposer d'une autorisation de mise sur le marché. À ce jour, seul l'urée-^{13}C (molécule utilisée pour la recherche de l'infection gastrique à *Helicobacter pylori*) est commercialisée (Helikit®, Helicobacter test INFAI®), avec un remboursement à 65 % par la Sécurité sociale.

Méthodes d'analyse

La méthode de référence de mesure du $^{13}CO_2$ dans les gaz expirés est la spectrométrie de masse isotopique (couplée à la chromatographie gazeuse). L'appareillage est relativement onéreux : le fonctionnement et surtout l'entretien de ces appareils nécessitent les compétences d'un technicien spécialement formé. Cette méthode très sensible permet de détecter de minimes variations d'enrichissement isotopique dans des volumes de

gaz très faibles. Ainsi, chez l'homme, les prélèvements peuvent être réalisés dans des tubes en verre de 10 mL (type Vaccutainer®) : environ 100 µL sont prélevés directement dans le tube pour réaliser l'analyse. Ce type d'appareillage autorise donc l'envoi d'échantillons de gaz expirés par courrier vers un centre expert d'analyse.

D'autres appareillages d'analyse, moins coûteux (< 20 000 euros) et plus simples, sont désormais commercialisés, basés sur le principe de la spectrométrie infrarouge (FAN®, Wagner®). En effet, les spectres d'absorption infrarouge des molécules de $^{12}CO_2$ et $^{13}CO_2$ sont différents. De plus, l'absence d'autres composés dans les échantillons de gaz expirés avec une absorption infrarouge voisine permet d'éviter toute purification supplémentaire des échantillons. Les résultats obtenus sont tout à fait comparables à ceux de la spectrométrie de masse isotopique [2]. Ces nouvelles méthodes nécessitent des volumes de gaz plus importants (100 mL), le recueil se faisant dans des sacs de 300 mL. Leur grande simplicité d'entretien et d'utilisation en font l'outil idéal pour la routine clinique, que ce soit dans les services d'explorations fonctionnelles ou dans les laboratoires d'analyses médicales.

Indications

Bactériologie digestive

Le test respiratoire le plus utilisé dans le monde est actuellement le test à l'urée-^{13}C pour le diagnostic de l'*infection gastrique à H. pylori*. Le principe du test repose sur l'activité uréase de *H. pylori*, qui métabolise l'urée-^{13}C administrée par voie orale (75 à 100 mg chez l'adulte, 50 mg chez l'enfant) en ammoniaque et $^{13}CO_2$ (figure 6-1). Deux prélèvements de gaz expirés sont obtenus, un avant l'administration de l'urée (T0) et l'autre 30 minutes plus tard (T30). Le résultat du test correspond à la différence d'enrichissement isotopique entre T30 et T0. Comme pour tous les tests respiratoires, le test doit être réalisé à jeun. Différentes solutions ont été proposées pour ralentir la vidange gastrique de l'urée et optimiser les résultats du test : l'acide citrique apparaît comme la meilleure solution (200 mL à 0,1 N). Le seuil de positivité du test varie selon les études de + 3 à + 5 delta‰ d'enrichissement isotopique. Le seuil de + 3 delta‰ est probablement le plus sensible, avec une zone d'incertitude du test entre 2,5 et 3,5 delta‰ [3]. La sensibilité et la spécificité de ce test sont excellentes (> 95 %), en comparaison avec le diagnostic direct sur biopsies gastriques par histologie ou culture, aussi bien pour le diagnostic initial que pour le contrôle de l'éradication après traitement [4].

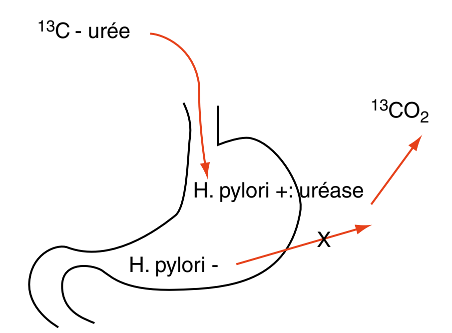


Fig. 6-1. Principe du test respiratoire à l'urée-^{13}C pour le diagnostic de l'infection gastrique à *H. pylori*, reposant sur l'activité uréase intense de cette bactérie.

Pour cette deuxième indication, le test respiratoire à l'urée constitue probablement l'examen le plus adapté : il n'exige pas de nouvelle endoscopie et donne une réponse claire contrairement à la sérologie qui impose pour une interprétation valable la connaissance du taux d'anticorps anti-*H. pylori* (de préférence par la même méthode) avant la mise en route du traitement. Le test doit être réalisé de préférence au plus tôt 4 semaines après l'arrêt des antibiotiques. Il est également souhaitable (mais non indispensable) d'effectuer le test après l'arrêt des antisécrétoires, notamment des IPP qui pour certains d'entre eux peuvent inhiber l'uréase bactérienne. L'alternative non invasive au test respiratoire pour confirmer l'éradication est représentée par la détection antigénique de Hp dans les selles. Les résultats sont similaires [5] : la recherche d'Hp dans les selles est plus simple à réaliser que le test respiratoire notamment chez les petits enfants, mais l'acceptation est probablement moins bonne chez les adultes.

La recherche d'une pullulation microbienne intestinale en présence d'une diarrhée chronique ou de

douleurs abdominales s'effectue simplement par le test respiratoire au glucose hydrogène. Le glucose est facilement absorbé par l'épithélium intestinal : l'augmentation de l'hydrogène expiré après ingestion de glucose traduit donc une fermentation digestive avant absorption, c'est-à-dire la présence de germes en excès dans l'intestin grêle. Le xylose-^{13}C et l'acide glycocholique-^{13}C ont également été proposés pour détecter une pullulation microbienne intestinale. Ces substrats enrichis en carbone 13, dont le coût est significativement plus élevé que celui du glucose, ne semblent pas nettement supérieurs en termes de sensibilité et de spécificité.

Motricité digestive

Le test respiratoire à l'acide octanoïque-^{13}C, proposé par les chercheurs de Louvain en Belgique, a été validé par plusieurs équipes [6]. Ce test permet de mesurer, avec une précision comparable à la scintigraphie, la vidange gastrique des solides. Son principe est pourtant assez élaboré, impliquant une fixation stable de l'acide octanoïque au jaune d'œuf lors de la préparation du repas test (cuisson séparée du jaune [avec l'acide octanoïque] et du blanc) pour marquer la phase solide du repas : dissociation de l'acide octanoïque du jaune d'œuf lors du passage dans le duodénum sous l'action des lipases pancréatiques : absorption duodénale puis oxydation hépatique de l'acide octanoïque avec libération de $^{13}CO_2$ (figure 6-2). Le résultat du test est exprimé après analyse de régression non linéaire de la cinétique d'élimination du $^{13}CO_2$ dans les gaz expirés sur une période de 4 heures après la prise du repas test (figure 6-3). Les paramètres calculés sont le coefficient

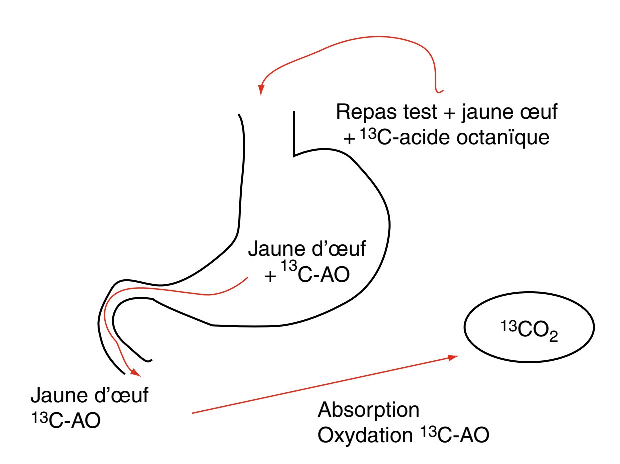


Fig. 6-2. Principe du test respiratoire à l'acide octanoïque-^{13}C pour la mesure de la vidange gastrique des solides.

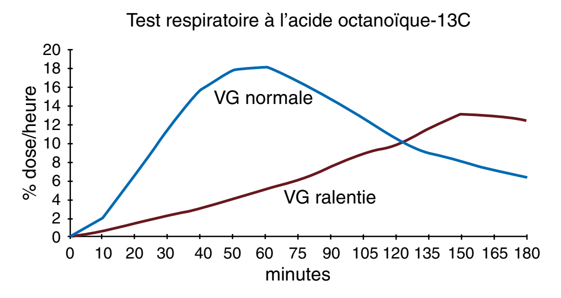


Fig. 6-3. Cinétique d'élimination du $^{13}CO_2$ après ingestion du repas test à l'acide octanoïque-^{13}C.
Exemple d'une vidange gastrique normale (courbe bleue) et d'une vidange gastrique ralentie (gastroparésie, courbe marron).

de vidange gastrique (GEC), le temps de demi-vidange (T1/2, dont la normale est inférieure à 90 minutes) et le temps de retard de la phase des solides (Tlag). Sa simplicité de réalisation, son faible coût et son absence de radio-activité doivent le faire préférer aux méthodes scintigraphiques. Les principales indications de ce test sont la recherche d'une gastroparésie en cas de diabète déséquilibré et les syndromes dyspeptiques notamment post-chirurgicaux.

Comme pour les autres tests mentionnés plus loin, l'acide octanoïque-^{13}C est synthétisé par des sociétés (Eurisotop®, par exemple) ne disposant pas du label de laboratoire pharmaceutique : ces produits sont donc vendus pour un « usage réservé à la recherche », à charge ensuite à l'utilisateur de valider son utilisation clinique. Ceci est habituellement effectué par les pharmaciens hospitaliers après des contrôles rigoureux.

Le temps de transit orocæcal (TTOC) peut être évalué par le test respiratoire au lactulose hydrogène ou par le test décrit plus récemment au lactose-uréide-^{13}C [7]. Ces deux molécules non absorbées par l'intestin grêle sont métabolisées par la flore bactérienne colique avec production d'hydrogène pour le lactulose et de $^{13}CO_2$ pour le lactose-uréide. Le délai entre l'ingestion du substrat et l'apparition de ces gaz dans l'air expiré correspond au TTOC. Toute pullulation microbienne au niveau de l'intestin grêle perturbe les résultats et l'interprétation de ces tests. En pratique, l'intérêt de ces tests reste limité à la recherche clinique, en particulier pour les études pharmacologiques.

Exploration de la digestion du lactose

L'intolérance au lactose est fréquemment suspectée chez les enfants et les adultes présentant des diarrhées et des douleurs abdominales favorisées par l'ingestion de produits lactés. Les tests respiratoires au lactose hydrogène ou au lactose-^{13}C permettent d'explorer de façon indirecte et non invasive l'existence d'un déficit en lactase, enzyme de la bordure en brosse des entérocytes qui hydrolysent le lactose en glucose et galactose, seuls substrats glucidiques pouvant être absorbés à travers l'épithélium intestinal (avec le fructose). Un déficit enzymatique se traduit par une augmentation de l'hydrogène (fermentation colique du lactose non digéré et non absorbé) ou par une diminution de la production de $^{13}CO_2$. La mesure des deux gaz, hydrogène et $^{13}CO_2$, après administration de lactose-^{13}C semble augmenter la sensibilité de ce test respiratoire [8].

Sécrétion exocrine du pancréas

Plusieurs tests utilisant des substrats marqués au carbone 13 ont été décrits pour l'exploration de la sécrétion exocrine pancréatique. Les molécules administrées (triglycérides, trioléine…) sont des substrats des différentes enzymes pancréatiques [9]. La production de $^{13}CO_2$ est dépendante de l'activité enzymatique présente dans le tube digestif. Ces tests sont utilisés principalement pour le diagnostic et le suivi des patients porteurs d'une pancréatite chronique ou d'une mucoviscidose. Leur efficacité est comparable à la mesure du débit fécal des graisses ou aux dosages des activités enzymatiques (élastase) dans les selles [10].

Explorations fonctionnelles hépatiques

Les tests dynamiques des fonctions métaboliques hépatiques restent assez confidentiels en France. De nombreux tests respiratoires ont été décrits dans la littérature, leur nombre témoignant de la multiplicité des fonctions hépatiques. En fait, il ne faut pas attendre de ces examens une évaluation globale de la fonction hépatique. En fonction des pathologies hépatiques envisagées, ces tests apportent une information quantitative sur telle ou telle voie métabolique (figure 6-4). On peut ainsi distinguer trois groupes de substrats permettant d'explorer :

- les enzymes cytosoliques hépatiques :
- l'activité des cytochromes P450 (enzymes microsomales) :
- les voies métaboliques mitochondriales.

Les substrats des enzymes cytosoliques telles que le galactose ou la phénylalanine constituent

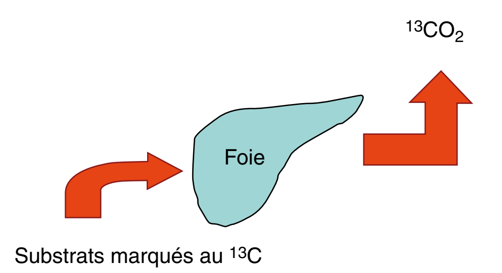


Fig. 6-4. Principe des tests métaboliques hépatiques utilisant des substrats marqués au carbone 13.

théoriquement les meilleurs marqueurs de la masse fonctionnelle hépatique, car leur métabolisme est relativement indépendant de phénomènes d'induction ou d'inhibition d'origine exogène (médicaments, toxiques…). La répétition au cours du temps de ces tests respiratoires chez un même patient atteint d'une maladie chronique du foie (hépatite virale, cirrhose alcoolique, cirrhose biliaire primitive) permet de prédire l'évolution vers l'insuffisance hépatocellulaire. Le test respiratoire au ^{13}C-galactose est théoriquement plus séduisant que le test sanguin de clairance du galactose (GEC), test classique d'évaluation de la masse fonctionnelle hépatique [11]. Nous avons montré qu'il existait une corrélation entre les résultats du tests respiratoire au ^{13}C-galactose et la sévérité de la fibrose chez des patients porteurs d'une hépatite chronique à virus C [12]. Cependant, pour des raisons de coût et de non-commercialisation, ce test a en pratique été abandonné.

Les substrats des cytochromes P450 (aminopyrine, caféine, érythromycine…) sont intéressants pour déterminer le phénotype individuel d'activité de ces enzymes dans une population donnée. Les interactions médicamenteuses peuvent être étudiées par ce type de tests [13]. L'évaluation de la masse fonctionnelle hépatique est également possible. Le test le plus utilisé à ce titre est le test respiratoire à l'aminopyrine, du fait de sa simplicité d'utilisation (administration du substrat par voie orale, deux prélèvements de gaz expirés avant et 60 minutes après administration du substrat), de son coût faible et de sa probable absence de toxicité. Ce test a notamment été démontré au moins aussi fiable que les classifications de Child ou MELD pour la détermination de la mortalité sur liste d'attente de transplantation hépatique [14]. Nous avons fait les mêmes constatations sur une série conséquente de malades.

Enfin, l'acide céto-isocaproïque [15], analogue de la leucine, et l'acide octanoïque [16] ont été proposés comme marqueurs non invasifs des fonctions mitochondriales hépatiques. Pour exemple, le test respiratoire à l'acide céto-isocaproïque permet de distinguer les stéatoses alcooliques des stéatoses métaboliques diabétiques ou liées à l'obésité [17]. Là encore, l'intérêt de ce test pour la pratique clinique reste à démontrer.

Conclusion

Malgré leur intérêt théorique évident (tests non invasifs, de réalisation simple, peu coûteux), les tests respiratoires au carbone 13 ne sont utilisés en France que de façon confidentielle, à l'exception notable du test respiratoire à l'urée pour le diagnostic de l'infection gastrique par *H. pylori*. Dans le cas du test à l'urée, le dépôt d'une patente au début de son développement, suivi d'une commercialisation et donc d'une utilisation possible en pratique courante, semble avoir été déterminants pour sa diffusion. Inversement, si aucune patente n'a été déposée ou aucune tentative de commercialisation réalisée pour les autres tests, c'est que leur potentiel commercial n'a pas convaincu les investisseurs… Le test respiratoire à l'urée est le seul test respiratoire à donner une réponse simple et claire à un problème posé (l'infection est-elle présente?), avec une excellente valeur diagnostique. Les autres tests permettent de quantifier de façon indirecte des fonctions digestives, dont l'intérêt clinique n'est pas toujours très évident. De façon sans doute arbitraire, on peut admettre que les tests ayant un intérêt clinique potentiel sont le test à l'acide octanoïque (vidange gastrique), le test aux triglycérides mixtes (insuffisance pancréatique) et le test à l'aminopyrine (pronostic fonctionnel hépatique). L'apport diagnostique ou pronostique des autres tests paraît insuffisant pour recommander leur utilisation en pratique clinique.

Références

[1] Schoeller DA, Klein PD, Watkins JB, Heim T, MacLean WC, Jr. 13C abundances of nutrients and the effect of variations in ^{13}C isotopic abundances of test meals formulated for $^{13}CO_2$ breath tests. Am J Clin Nutr 1980 ; 33 : 2375–85.

[2] Mion F, Ecochard R, Guitton J, Ponchon T. $^{13}CO_2$ breath tests : comparison of isotope ratio mass spectrometry and non-dispersive infrared spectrometry results. Gastroenterol Clin Biol 2001 ; 25 : 375–9.

[3] Mion F, Rosner G, Rousseau M, Minaire Y. ^{13}C-urea breath test for Helicobacter pylori : cut-off point determination by cluster analysis. Clin Sci (Lond) 1997 ; 93 : 3–6.

[4] Mion F, Delecluse HJ, Rousseau M, Berger F, Brazier JL, Minaire Y. Test respiratoire à l'urée-^{13}C pour le diagnostic de l'infection à Helicobacter pylori. Comparaison avec l'histologie. Gastroenterol Clin Biol 1994 ; 18 : 1106–11.

[5] Perri F, Quitadamo M, Ricciardi R, Piepoli A, Cotugno R, Gentile A et al. Comparison of a monoclonal antigen stool test (Hp StAR) with the ^{13}C-urea breath test in monitoring Helicobacter pylori eradication therapy.World J Gastroenterol 2005 ; 11 : 5878–81.

[6] Ghoos YF, Maes BD, Geypens BJ, Mys G, Hiele MI, Rutgeerts PJ et al. Measurement of gastric emptying rate of solids by means of a carbon-labeled octanoic acid breath test. Gastroenterology 1993 ; 104 : 1640–7.

[7] Wutzke KD, Heine WE, Plath C, Leitzmann P, Radke M, Mohr C et al. Evaluation of oro-coecal transit time : a comparison of the lactose-[^{13}C, ^{15}N] ureide $^{13}CO_2$- and the lactulose H_2-breath test in humans. Eur J Clin Nutr 1997 ; 51 : 11–9.

[8] Koetse HA, Stellaard F, Bijleveld CM, Elzinga H, Boverhof R, van der Meer R et al. Non-invasive detection of low-intestinal lactase activity in children by use of a combined $^{13}CO_2/H_2$ breath test. Scand J Gastroenterol 1999 ; 34 : 35–40.

[9] Vantrappen GR, Rutgeerts PJ, Ghoos YF, Hiele MI. Mixed triglyceride breath test : a noninvasive test of pancreatic lipase activity in the duodenum. Gastroenterology 1989 ; 96 : 1126–34.

[10] Loser C, Brauer C, Aygen S, Hennemann O, Folsch UR. Comparative clinical evaluation of the 13C-mixed triglyceride breath test as an indirect pancreatic function test. Scand J Gastroenterol 1998 ; 33 : 327–34.

[11] Schmidt LE, Ott P, Tygstrup N. Galactose elimination capacity as a prognostic marker in patients with severe acetaminophen-induced hepatotoxicity : 10 years' experience. Clin Gastroenterol Hepatol 2004 ; 2 : 418–24.

[12] Mion F, Rousseau M, Scoazec JY, Berger F, Minaire Y. [13C]-Galactose breath test : correlation with liver fibrosis in chronic hepatitis C. Eur J Clin Invest 1999 ; 29 : 624–9.

[13] Giannini EG, Savarino V, Testa R. Monitoring cytochrome P-450 activity during rabeprazole treatment in patients with gastresophageal reflux disease. Dig Dis Sci 2006 ; 51 : 1602–6.

[14] Degre D, Bourgeois N, Boon N, Le Moine O, Louis H, Donckier V et al. Aminopyrine breath test compared to the MELD and Child-Pugh scores for predicting mortality among cirrhotic patients awaiting liver transplantation. Transpl Int 2004 ; 17 : 31–8.

[15] Lauterburg BH, Grattagliano I, Gmur R, Stalder M, Hildebrand P. Noninvasive assessment of the effect of xenobiotics on mitochondrial function in human beings : studies with acetylsalicylic acid and ethanol with the use of the carbon 13-labeled ketoisocaproate breath test. J Lab Clin Med 1995 ; 125 : 378–83.

[16] Miele L, Grieco A, Armuzzi A, Candelli M, Forgione A, Gasbarrini A et al. Hepatic mitochondrial beta-oxidation in patients with nonalcoholic steatohepatitis assessed by ^{13}C-octanoate breath test. Am J Gastroenterol 2003 ; 98 : 2335–6.

[17] Mion F, Rousseau M, Brazier JL, Minaire Y. Human hepatic macrovesicular steatosis : a noninvasive study of mitochondrial ketoisocaproic acid decarboxylation. Metabolism 1995 ; 44 : 699–700.

Chapitre 7

Exploration radio-isotopique de la vidange gastrique[1]

F. Paycha, A. Girma, A. Ramadan, S. Maïa

Principes de la technique

L'exploration radio-isotopique de la vidange gastrique (VGI) est aujourd'hui considérée comme la méthode de référence [1-6]. Le but est de mesurer les variations temporelles des composants solides et liquides du contenu gastrique pour étudier le retentissement sur la vidange gastrique des troubles sensitifs et/ou moteurs affectant l'antre et/ou le fundus. L'approche radio-isotopique mesure à intervalles réguliers les rayonnements émis par les composants radiomarqués du contenu gastrique.

La VGI fait implicitement référence à un modèle physiologique rudimentaire de la vidange gastrique. Le fundus est considéré comme jouant un rôle dans la vidange des liquides par augmentation de la pression fundique et dans la réserve des solides. L'antre joue un rôle dans le broyage des solides et leur évacuation (figure 7-1). L'estomac ne fonctionne pas de façon autonome mais se trouve sous la dépendance d'un certain nombre de facteurs humoraux et hormonaux de régulation. Dans ces conditions, on conçoit que des troubles sensitifs ou moteurs, intrinsèques ou extrinsèques à l'estomac, peuvent perturber certains aspects de la vidange gastrique [1, 4, 6].

Il en résulte qu'il faut étudier à la fois la vidange des liquides et des solides, puisque l'une peut être perturbée sans que l'autre ne le soit, selon que l'atteinte prédomine au niveau de l'antre ou du fundus.

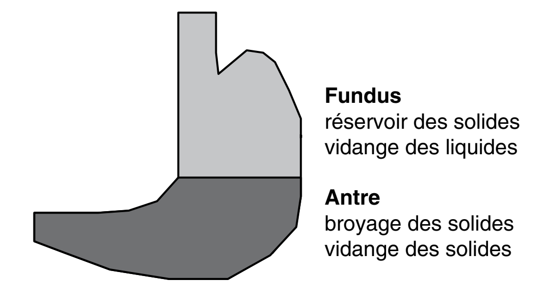


Fig. 7-1. Modèle physiologique simple de l'estomac.

Une esquisse de modèle mathématique de la vidange gastrique est alors possible. En effet, si l'on considère en première approximation que le tonus fundique est constant au cours de la vidange gastrique, alors la fraction de liquide évacué par unité de temps est proportionnelle au contenu gastrique instantané, ce qui implique un modèle exponentiel de la vidange des liquides. L'expérience prouve que le modèle exponentiel est tout à fait approprié, au moins chez les sujets sains. Pour les solides, le processus est plus complexe [7-9]. L'antre commence par broyer la phase solide du repas jusqu'à la réduire en particules d'environ 1 mm^3. Au cours de cette période, dénommée phase de latence (ou *lag phase*), le contenu solide de l'estomac ne varie pas et la courbe présente un plateau. Ensuite,

1 À la mémoire du Professeur Yves Bizais (1953-2008), ancien chef de service de médecine nucléaire du CHU de Brest, qui a considérablement contribué au développement technique et clinique de la vidange gastrique isotopique.

le péristaltisme gastrique évacue la phase solide du repas à une vitesse sensiblement constante. Historiquement, ces phénomènes physiologiques ont conduit à utiliser un modèle linéaire pour la phase terminale de la vidange des solides, et plus récemment à un modèle exponentielle–puissance pour l'ensemble de la courbe de vidange des solides [1, 6]. Il est rappelé qu'une endoscopie haute préalable est indispensable afin d'éliminer un obstacle organique ou une lésion de la muqueuse.

Matériel

Nature du repas

Le repas proposé au patient doit être physiologique et doit pouvoir mettre en évidence des troubles sensitifs ou moteurs, intrinsèques ou extrinsèques dont l'estomac peut être le siège [1-6].

Il est caractérisé par :

- sa teneur calorique, comprise entre 1 et 3 MJ ;
- la théorie, d'ailleurs controversée, du *débit calorique transpylorique constant* (≈ 8 kJ.min^{-1}) implique que le temps de vidange gastrique est d'autant plus long que la teneur calorique du repas est élevée. D'un point de vue pratique, on a donc intérêt à diminuer, autant qu'il est possible, la teneur calorique du repas. À l'inverse, compte tenu des erreurs de mesure et des variations interindividuelles, la précision de la mesure est d'autant meilleure que la teneur calorique du repas est élevée. La plupart des équipes considèrent qu'un repas de 2 MJ représente un compromis raisonnable entre ces deux exigences ;
- sa composition : le repas comprend une phase solide et une phase liquide dont l'ensemble doit respecter un bon équilibre glucido-lipido-protidique. À titre d'exemple, un menu représentatif de déjeuner test comporte une phase solide : deux œufs, 70 g de pain, 10 g de beurre, soit un contenu calorique égal à 1,865 MJ (445 kcal) correspondant à 23 g de lipides, 21 g de protides et 40 g de glucides. La phase liquide consiste en 300 mL d'eau ;
- son heure et son mode d'administration : l'examen est réalisé à jeun depuis au moins 5 heures, à l'heure du déjeuner, voire du petit déjeuner. Les médicaments susceptibles d'interférer sur la vidange gastrique (encadré 7-1) doivent être interrompus depuis 48 heures [3, 6]. Le patient reçoit la consigne de s'abstenir de fumer avant et durant l'examen. Il est recommandé d'imposer au patient d'ingérer le repas dans des conditions calibrées tout en respectant les conditions alimentaires habituelles au cours desquelles la symptomatologie dysphagique se manifeste. Une durée de repas de 10 minutes est généralement préconisée. En dernier lieu, l'eau marquée est donnée en fin de repas, car le transit gastrique des liquides est extrêmement rapide chez certains patients.

Marquage du repas

Le but est d'obtenir un radiomarquage des différentes phases simple et stable tout au long de l'acquisition des images. Aujourd'hui, la grande majorité des équipes utilise le marquage du blanc d'œuf aux colloïdes technétiés (sulfure colloïdal ou étain colloïdal) [1-6, 10]. Thomforde [11] a démontré *in vivo* chez l'homme la stabilité du marquage de l'œuf au sulfure colloïdal technétié (> 95 % du sulfure colloïdal technétié restent attachés à l'omelette 1 heure après la fin du repas). En pratique, 37 MBq de colloïdes technétiés sont mélangés au blanc d'œuf, ce dernier est battu de façon à homogénéiser le marquage, puis le jaune d'œuf est incorporé au blanc d'œuf. L'ensemble

Encadré 7-1

Interférences médicamenteuses possibles à rechercher

- Cisapride
- Érythromycine
- Métoclopramide (et famille des benzamides)
- Dompéridone (et famille des butyrophénones)
- Métopimazine (et famille des phénothiazines)
- Anti-histaminiques H2
- Inhibiteurs de la pompe à protons
- Morphiniques

est passé à la poêle jusqu'à obtention de l'omelette bien cuite.

La phase liquide du repas est marquée par un radiopharmaceutique différent, le DTPA marqué à l'^{111}In [1-6, 11]. En pratique, 5,5 MBq sont ajoutés dans 300 mL d'eau au dernier moment pour éviter les phénomènes d'absorption. Les activités administrées pour la VGI induisent une dose efficace E égale à 3 mSv [1-5].

Réalisation de l'examen

Fréquence des mesures

Le contenu gastrique des liquides variant exponentiellement, il est impératif de disposer de points de mesure précoces. Pour les solides, la durée du repas test est moins critique en raison du plateau initial dû à la période de broyage antral. Idéalement, les acquisitions commencent 10 minutes après le début du repas. Ce délai ne doit pas être allongé sans raison au-delà de 15 minutes.

La durée de l'acquisition doit être supérieure au temps de demi-vidange pour éviter d'avoir à extrapoler les données. Ce temps est très variable d'un patient à un autre, aussi en pratique la durée de l'exploration peut être raisonnablement fixée à 2 heures, sans dépasser 3 heures, afin de garantir une qualité minimale de la mesure et de rendre l'examen tolérable pour le patient [1-6].

La fréquence d'acquisition recommandée des images est de 10 à 15 minutes [1, 3, 6].

Nature des mesures

Les composantes du repas sont marquées à l'aide d'un radio-isotope émetteur de photons gamma. La radio-activité intragastrique est donc assimilée au volume du contenu alimentaire présent à chaque instant dans l'estomac. Par conséquent, le comptage externe de la radio-activité résiduelle émanant de l'estomac à intervalles de temps réguliers permet de déduire le transit gastrique des aliments.

Il faut donc toutes les 10 ou 15 minutes mesurer le rayonnement émis par le ^{99m}Tc et par l'^{111}In présents à l'intérieur de l'estomac. La vitesse de vidange gastrique variant avec la position, on impose habituellement au patient de rester debout ou assis pendant toute la durée de l'examen [1, 6].

En supposant que la distribution radio-active est quasiment ponctuelle dans l'estomac, que le diamètre antéropostérieur du patient est constant en regard de l'estomac et que le coefficient d'atténuation est constant dans l'abdomen, on peut montrer que la moyenne géométrique (G) des comptages obtenus en faces antérieure (a) et postérieure (p) : $G = \sqrt{a.p}$, ne dépend pas de la position de la source. Cette propriété justifie d'acquérir des incidences conjuguées antérieure et postérieure.

Enfin, il faut, pour chaque incidence, acquérir une image programmée en mode multipics et multi-isotopes (140 keV pour le ^{99m}Tc, 172 et 246 keV pour l'^{111}In).

La durée d'acquisition d'un point de mesure est typiquement d'une minute.

Traitement des mesures

L'objectif du traitement est d'obtenir deux courbes décrivant l'évolution des contenus solide et liquide de l'estomac au fil du temps.

Dans ce but, on calcule la radio-activité à l'intérieur d'une région d'intérêt gastrique. La majorité des équipes choisissent d'utiliser une seule région d'intérêt gastrique par incidence qu'elles peuvent déplacer en fonction des mouvements de l'estomac. La région d'intérêt gastrique est ensuite complétée par le tracé d'une région d'intérêt paragastrique de façon à soustraire le bruit de fond de l'activité brute provenant de la région d'intérêt gastrique.

On peut alors corriger la courbe du ^{99m}Tc de la contamination de l'^{111}In par soustraction pondérée : la contribution du rayonnement diffusé de l'^{111}In dans la fenêtre du ^{99m}Tc est considérée comme égale à une fraction forfaitaire de l'activité mesurée dans les fenêtres de l'^{111}In.

La courbe corrigée de la contamination peut alors être compensée de la décroissance radio-active du ^{99m}Tc. Il n'est pas utile de corriger la courbe d'^{111}In étant donné que la demi-vie physique de l'^{111}In (2,8 jours) est longue comparativement à la durée de l'examen (2 à 3 heures).

L'origine des temps de la cinétique de la VGI est généralement fixée au début de la première acquisition. Il faut alors normaliser ces courbes en fixant leur valeur initiale à 100 %.

Quantification de la vidange gastrique

Intérêts d'une quantification de la vidange gastrique

L'extraction d'un ou de plusieurs paramètres quantitatifs de la vidange gastrique vise théoriquement cinq objectifs principaux [1] :

- affirmer avec une certaine sûreté l'anomalie de la VG (schématiquement un ralentissement ou une accélération), compte tenu de nombreux facteurs de variation techniques et physiologiques ;
- classer la perturbation de la vidange gastrique, au moins de façon purement cinétique : ralentissement, accélération ou cinétique biphasique, idéalement de façon syndromique (diabète, RGO, complications post-chirurgicales, etc.) ;
- évaluer la sévérité de cette perturbation ;
- apprécier l'efficacité des diverses mesures thérapeutiques censées corriger le trouble moteur de l'estomac ou détecter les effets indésirables d'autres thérapeutiques médicales ou chirurgicales ;
- comparer les résultats de la VGI provenant de services de médecine nucléaire suivant des menus radiomarqués et des protocoles d'acquisition différents.

Tactiques possibles d'interprétation quantitative

Deux démarches sont possibles et sont d'ailleurs effectivement rencontrées aussi bien dans les travaux de recherche clinique qu'en routine quotidienne : l'analyse de la VGI peut être conduite sans référence à un modèle *a priori* ou, *a contrario*, à partir d'un ajustement des courbes de VGI des solides et des liquides à un modèle mathématique général (et, autant que possible, physiologique).

Absence de modèle *a priori*

Il est possible de déterminer des descripteurs ou indices d'une cinétique de la VG sans émettre aucune hypothèse autre que celle que le contenu gastrique décroît au cours de la digestion. Ces descripteurs empiriques sont principalement ponctuels, c'est-à-dire qu'ils ne fournissent qu'un « instantané » à une minute précise d'un événement enregistré pendant 2 à 3 heures.

Paramètres ponctuels

Les paramètres ponctuels sont définis soit en imposant le temps de mesure et on détermine le pourcentage correspondant de vidange, soit en imposant le pourcentage de vidange et on détermine le temps correspondant [1-6, 12].

Temps de demi-vidange (T_{50} ou $T_{1/2}$)

C'est le temps écoulé depuis la fin de la prise alimentaire correspondant à l'évacuation gastrique de la moitié du repas radiomarqué. Ce paramètre est utilisé de façon universelle.

Vidange gastrique à 120 minutes (VG_{120})

C'est la proportion du repas radiomarqué restant dans l'estomac 2 heures après son ingestion.

Ce critère apparaît le plus répandu dans la littérature parmi les paramètres à temps imposé [1-6]. Ce temps de mesure de la VG est assez facile à interpréter lorsque l'on sait qu'il se situe juste au-delà de la valeur supérieure de la normale du $T_{50\ SOL}$ (c'est-à-dire à la moyenne augmentée de deux écarts types) pour des repas à teneur énergétique de l'ordre de 1,3 à 2 MJ (320 à 450 kcal), soit 70–90 minutes.

Ce temps peut d'ailleurs correspondre au dernier point d'un protocole d'enregistrement s'échelonnant sur 2 heures, représentant un compromis acceptable en termes de durée d'examen (figure 7-2).

Critique des paramètres ponctuels (hors modèle)

Les paramètres ponctuels sont simples à déterminer et immédiatement compréhensibles par le médecin prescripteur. Cependant, les inconvénients de ces paramètres empiriques sont nombreux et gênants. Ainsi, les paramètres temporels ne sont plus applicables à partir d'un certain degré de gastroparésie : en cas d'une cinétique quasi plate de la VG, le T_{50} n'est pas atteint. Les paramè-

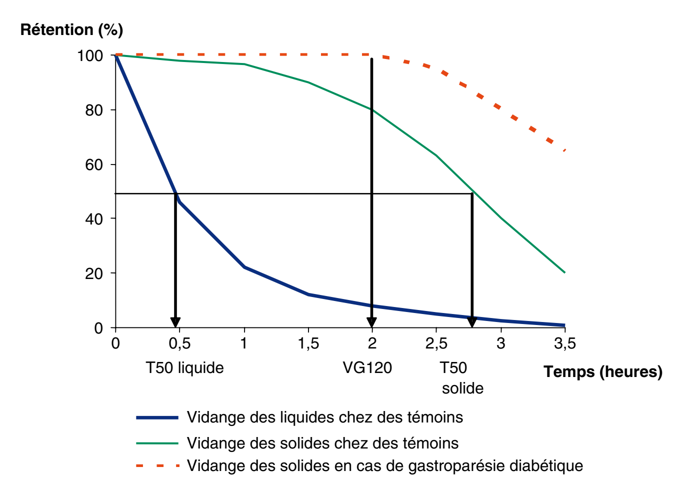


Fig. 7-2. Vidange gastrique chez des témoins et chez des patients atteints d'une gastroparésie diabétique.

tres exprimant des valeurs particulières de la VG à des temps prédéterminés (VG_{120}) restent applicables dans la situation de gastroparésie sévère.

Même lorsque les indices ponctuels sont calculables, leur nature expose à un défaut à la fois de sensibilité et de spécificité [1, 6]. Par exemple, une cinétique de VG des solides peut atteindre un T_{50} normal, ce qui ne représente finalement qu'une faible partie de la VG (pour les solides, 60 à 90 minutes sur 2 ou 3 heures), puis rester ensuite « en plateau », traduisant une réelle stagnation du bol alimentaire; autre exemple : une cinétique de type biphasique (enchaînant à une phase d'expulsion précoce, brutale, mais incomplète du bol alimentaire hors de l'estomac, une phase de stagnation, débutant à la 20e minute et aboutissant, 2 heures 30 plus tard, à une activité résiduelle relative de l'ordre de 20 % de l'activité initiale) peut donner un T_{50} paradoxalement diminué. La notion de spécificité s'applique à la distinction des origines de la gastroparésie. Par exemple, pour l'orientation étiologique, il n'est pas indifférent que l'allongement du T_{50} de la VG des solides résulte du plateau initial (lag phase) ou du segment décroissant de la cinétique. Finalement, la connaissance de tous ces paramètres hors modèle ne permet ni de reconstituer la cinétique (c'est-à-dire la vitesse) de la VG, ni d'avoir une idée de la physiopathologie, atteinte fundique ou antrale, du trouble moteur de l'estomac. Ces carences sont largement imputables à l'absence de prise en compte de l'organisation de type bicompartimental de l'estomac [7–9].

Modélisation de la vidange gastrique

Modélisation de la vidange gastrique des liquides

Les liquides quittent l'estomac selon une loi dite de premier ordre, surtout lorsqu'ils sont peu énergétiques : à chaque instant donné, la quantité évacuée par minute est proportionnelle au volume résiduel de la composante liquide.

Modélisation de la vidange gastrique des solides

Les solides sont évacués de l'estomac selon une loi linéaire (cinétique d'ordre 0); en d'autres termes, c'est le même volume absolu de la phase solide qui est évacué par minute tout au long de la VG.

Phase de latence (lag phase)

Afin de préciser l'organisation anatomofonctionnelle bicompartimentale de l'estomac, la cinétique de la VG de l'estomac global a été décomposée en cinétiques régionales fundique et antrale. À cet effet, on trace deux régions d'intérêt supplémentaires circonscrivant l'estomac proximal et l'estomac distal selon la même méthodologie que pour le tracé de la région d'intérêt de l'estomac global.

Cette analyse compartimentale de la VG est accessible sans modification du protocole d'acquisition (contrairement à la scintigraphie antrale dynamique) [7-9].

Cette capacité d'analyse *régionale* de la VG constitue un atout essentiel de la scintigraphie comparativement aux techniques d'explorations fonctionnelles de la VG purement globales (impédancemétrie épigastrique, *breath test*...).

Les résultats des cinétiques fundique et antrale confortent la théorie de la distribution des rôles entre les portions proximale et distale : l'estomac proximal est surtout responsable de la vidange des liquides ainsi que de la réception et du stockage initial du bol alimentaire alors que la zone antrale a pour rôle la trituration des solides. Ce temps de trituration (ou broyage) des solides est dénommé lag phase.

On trouve dans la littérature trois modes de détermination de la lag phase [1, 7-9] : la première est visuelle, basée sur le moment d'apparition de la radio-activité dans l'intestin grêle, la seconde est déduite graphiquement par simple interpolation en obtenant le temps correspondant à une évacuation minime, 5 % (T_5), du contenu gastrique, la troisième utilise le point d'inflexion issu du modèle exponentielle–puissance modifiée (figure 7-3).

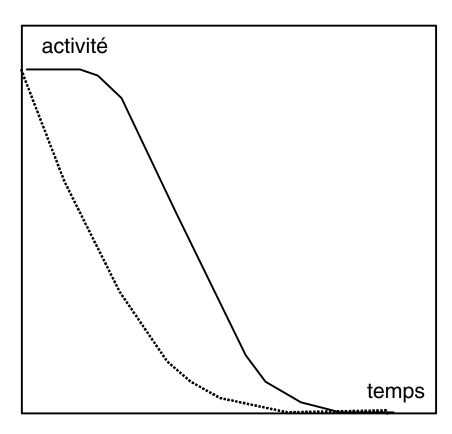


Fig. 7-3. Modèle exponentielle–puissance de la vidange gastrique.
Fundus (pointillés) : vidange proportionnelle au contenu gastrique, modèle exponentiel. Vidange parfois plus rapide que modèle exponentiel.
Antre (train plein) : plateau initial (broyage) puis vidange constante.
Modèle puissance exponentiel : $f(t)=2^{-(t/T)\beta}$.
T : temps de demi-vidange, β : paramètre de forme.

Indications

Situations où l'utilité est formellement démontrée (tableau 7-1)

Diagnostic et suivi du syndrome dyspeptique

En pratique clinique, 50 à 75 % des troubles de la vidange gastrique ne relèvent d'aucune cause identifiable [1-6]. Ils s'intègrent alors dans le cadre d'un syndrome dyspeptique idiopathique ou dyspepsie fonctionnelle (DF). La VGI s'avère un outil objectif irremplaçable dans le diagnostic de syndromes dyspeptiques douteux ou rebelles aux traitements classiques.

La stase gastrique n'est authentifiée que chez 50 % des patients consultant pour un syndrome dyspeptique idiopathique. Il est impossible d'en prédire l'existence à partir de la seule analyse des symptômes.

Plusieurs anomalies pouvant expliquer la gastroparésie de la DNU ont été identifiées :

- hypomotricité antrale post-prandiale ;
- anomalies motrices du grêle proximal (absence de phase III du complexe moteur interdigestif [CMI]), activité intense et non coordonnée, non déclenchement du profil moteur spécifique de la phase post-prandiale ;
- troubles du rythme électrique de base (REB) sous forme de tachyarythmie gastrique.

En revanche, les capacités de relaxation de l'estomac proximal sont normales.

Les formes sévères, rares, associent aux signes plus ou moins marqués de gastroparésie, des signes cliniques occlusifs et/ou une constipation sévère. La mesure de la vidange gastrique objective une gastroparésie majeure, sous-tendue par une hypomotricité antrale post-prandiale (figure 7-4) ; la stase gastrique s'associe à une désorganisation de l'activité motrice de l'intestin grêle, voire du côlon. Cette gastroparésie se rapproche donc de la pseudo-obstruction intestinale chronique idiopathique.

Tableau 7-1 Résultats de la VGI dans les principales pathologies de la motricité gastrique

Situation physiopathologique	Solides			Liquides		Traduction sur la VGI	Remarque
	$T_{50\,SOL}$	$VG_{120\,SOL}$	T_{LAG}	$T_{50\,LIQ}$	$VG_{120\,LIQ}$	–	–
Témoin	92 ± 21 min	10 %	20–30 min	47 ± 11 min	5 %	Normale	–
Syndrome dyspeptique idiopathique	Augmenté	Augmenté	Augmenté	Augmenté	Augmenté	Ralentie (50 %)	Mal corrélé à la clinique
Gastroparésie diabétique	Augmenté	Augmenté	Augmenté	Augmenté	Augmenté	Ralentie	Si neuropathie diabétique
Reflux gastro-œsophagien	Augmenté	Augmenté	Augmenté	Augmenté	Augmenté	Ralentie	Plus sur solides que liquides
Ulcère duodénal	Diminué	Diminué	Diminué	Diminué	Diminué	Accélérée	Débit acide bulbaire accru
VT-pyloroplastie	Augmenté	Augmenté	Aboli	Diminué	Diminué	Normale ou lente	Mal corrélé à la clinique
VS et VSS	Variable	Variable	Variable	Diminué	Diminué	Ralentissement postopératoire souvent transitoire	Mal corrélé à la clinique
Gastrectomie	Variable	Variable	Variable	Diminué	Diminué	Rapide, normale ou lente	Dumping syndrome (?)
							Vidange solides : rapide au début, ralentie à distance
POIC	Augmenté	Augmenté	Augmenté	Augmenté	Augmenté	Ralentie	Mal corrélé à la clinique
Sclérodermie	Augmenté	Augmenté	Augmenté	Augmenté	Augmenté	Ralentie	Plus sur solides que liquides

VT : vagotomie tronculaire ; VS et VSS : vagotomies sélective et suprasélective.

Augmentation et raccourcissement supérieurs à deux écarts types ou au 95e percentile de l'intervalle de confiance des valeurs normales (d'après Abell TL, Camilleri M, Donohoe K, Hasler WL, Lin HC, Maurer AH et al. Consensus recommendations for gastric emptying scintigraphy : a joint report of the American Neurogastroenterology and Motility Society and the Society of nuclear medicine. *J Nucl Med Technol* 2008 ; 36 : 44-54 [article publié conjointement dans : *Am J Gastroenterol* 2008 ; 103 : 753-63]).

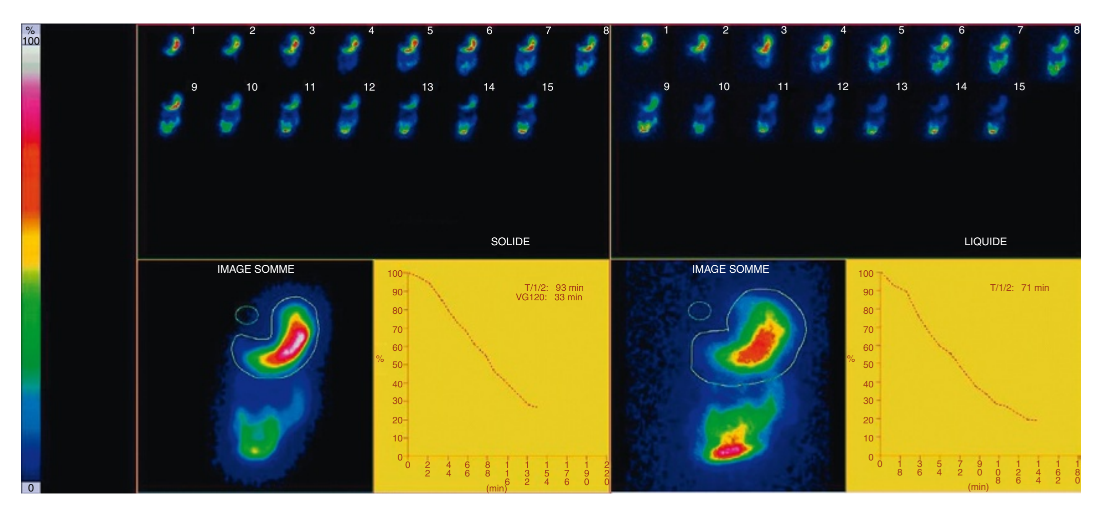


Fig. 7-4. Syndrome dyspeptique.
Indication : syndrome dyspeptique sévère soulagé par des vomissements provoqués.
Interprétation : phase solide de profil cinétique biphasique (lag phase suivi d'une phase de décroissance linéaire) avec $T_{50\ SOL}$ à 93 minutes et VG_{120} à 33 %. Phase liquide de profil cinétique quasi linéaire avec $T_{50\ LIQ}$ à 71 minutes.
Conclusion : ralentissement de la VG des composants solide et liquide du repas test.

Gastroparésie diabétique

La gastroparésie diabétique (GD) est symptomatique chez 5 à 12 % des patients diabétiques. Elle touche généralement des patients diabétiques chroniques multicompliqués (neuropathie, néphropathie et rétinopathie) [13]. Les adaptations de la technique de la vidange gastrique isotopique [1–6] au patient diabétique devraient inclure, autant qu'il est possible :

- le recueil de l'indice de masse corporelle, de la pression artérielle et de la période du cycle menstruel, le cas échéant ;
- la recherche de signes cliniques de dysautonomie ;
- le respect des conditions de régime diététique quotidien du diabétique (diminution parfois nécessaire de la portion du composant solide test) et des traitements par insuline ou hypoglycémiants oraux ;
- l'obtention d'une hémoglobine glyquée, le contrôle de la glycémie avant la prise du repas radiomarqué, pendant et à la fin de la vidange gastrique isotopique ;
- un temps global d'enregistrement des images s'étendant sur 3 heures.

La plupart des auteurs s'accordent pour faire de la GD une neuropathie viscérale avec atteinte de la voie sympathique [12-14]. Il faut cependant garder à l'esprit que cette « autovagotomie » peut atteindre un segment quelconque du tractus digestif, notamment l'œsophage, le pylore et le duodénum.

La gastroparésie diabétique se traduit le plus souvent par un retard de la vidange gastrique des solides (au début les solides indigestibles), témoin d'une *hypomotricité antrale* ($T_{50\ SOL}$ et T_{LAG} allongés, VG_{120} augmentée) (*cf.* figures 7-2, 7-5, 7-6 et 7-9). La vidange gastrique des liquides est le plus souvent également retardée mais elle peut se révéler *accélérée* ($T_{50\ LIQ}$ raccourci) à un stade précoce de l'atteinte gastrique, traduisant vraisemblablement un défaut de relaxation adaptative fundique. Certains auteurs incriminent ici plus généralement le *syndrome d'insulino-résistance*.

Un deuxième cas de figure à vidange dissociée (liquides accélérés/solides normaux) chez les diabétiques de type 2 sans neuropathie autonome serait lié à l'accroissement de l'activité myoélectrique de l'estomac proximal.

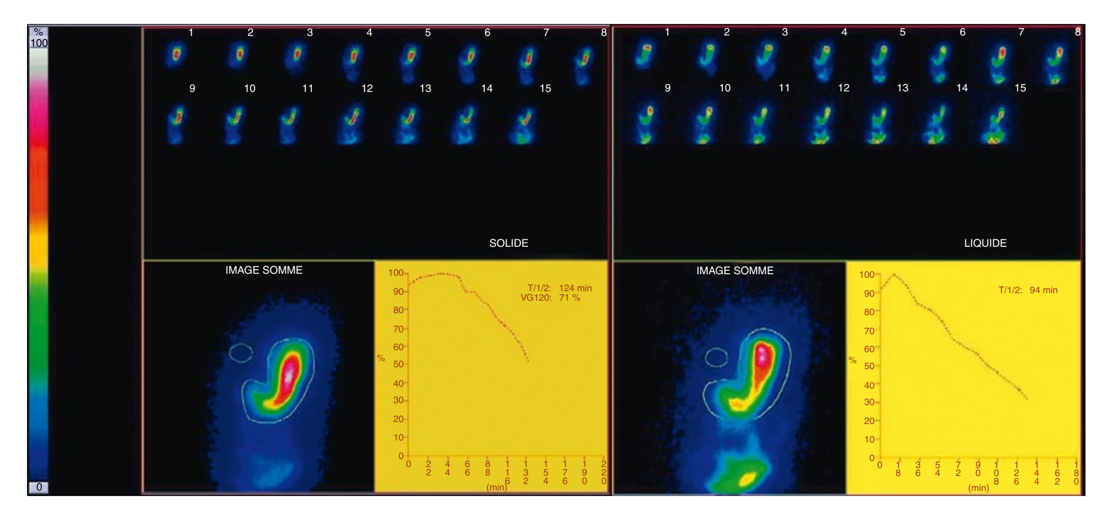


Fig. 7-5. Gastroparésie diabétique.
Indication : patiente suivie pour un diabète de type 1 depuis 25 ans multicompliqué (rétinopathie, neuropathie diabétique) présentant des douleurs thoraciques atypiques constrictives à explorations cardiologiques normales.
Interprétation : phase solide de profil cinétique restant grossièrement biphasique mais lag phase allongée (T_{LAG} à 65 minutes), $T_{50\ SOL}$ établit à124 minutes et VG_{120} à 71 %. Phase liquide : disparition du profil mono-exponentiel physiologique, remplacé par une décroissance de type biphasique avec apparition d'un pic d'activité à la 15e minute. Le $T_{50\ LIQ}$ est allongé et s'établit à la 94e minute.
Conclusion : ralentissement sévère des phases liquide et solide du repas test.

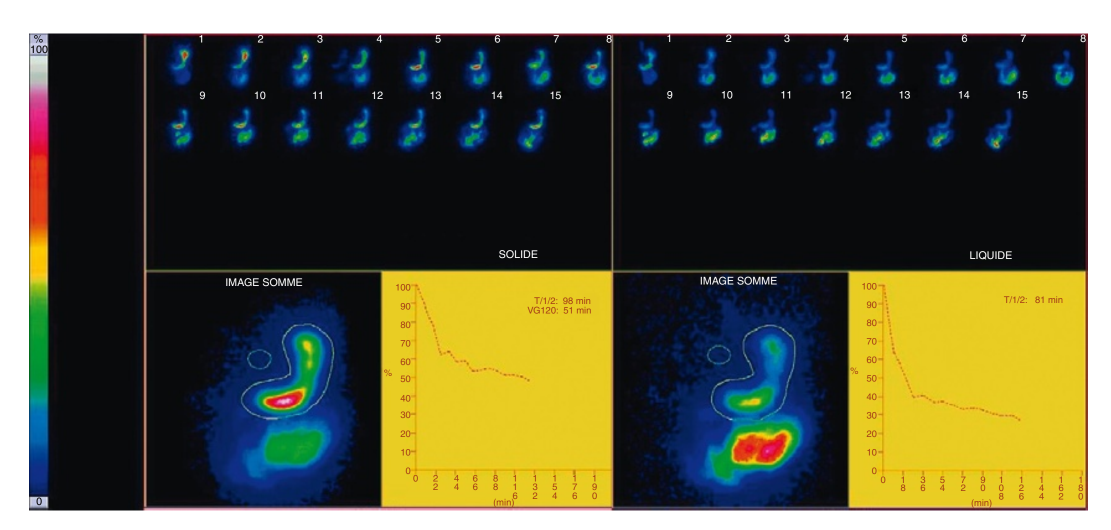


Fig. 7-6. Gastroparésie diabétique.
Indication : patient diabétique type 1 depuis 30 ans compliqué d'une neuropathie.
Interprétation : phase solide de profil biphasique sans lag phase individualisable avec T_{50sol} allongé s'établissant à120 minutes et se confondant approximativement à la VG_{120}. Phase liquide de type biphasique avec un $T_{50\ LIQ}$ raccourci à 18 minutes mais VG_{120} à 30 %.
Conclusion : gastroparésie sévère et qualitativement anormale (profil biphasique) s'exprimant aux dépens des composants solide et liquide du repas test.

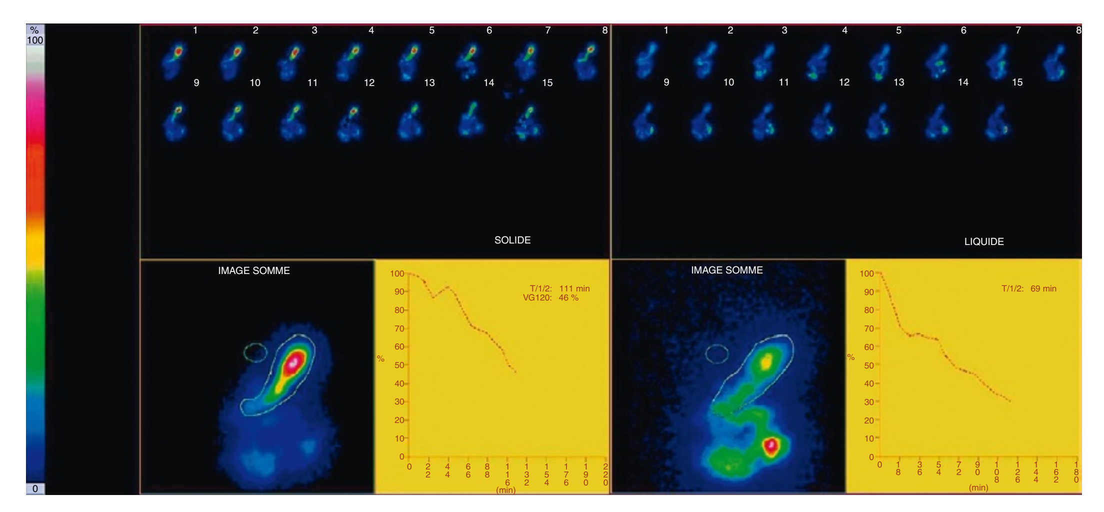


Fig. 7-7. Gastroparésie diabétique.
Indication : patiente suivie depuis 16 ans pour un diabète de type 2 insulinorequérant. Variations glycémiques considérables sur 24 h (de 0,28 à 5 g/L).
Interprétation : phase solide de profil cinétique biphasique avec lag phase suivie d'une décroissance linéaire. Le $T_{50\ SOL}$ s'établit à 111 minutes et se confond pratiquement avec la VG_{120}. Phase liquide quasi linéaire (perte du profil mono-exponentiel) avec $T_{50\ LIQ}$ à 69 minutes.
Conclusion : ralentissement sévère de l'évacuation gastrique des composants solide et liquide du repas test.

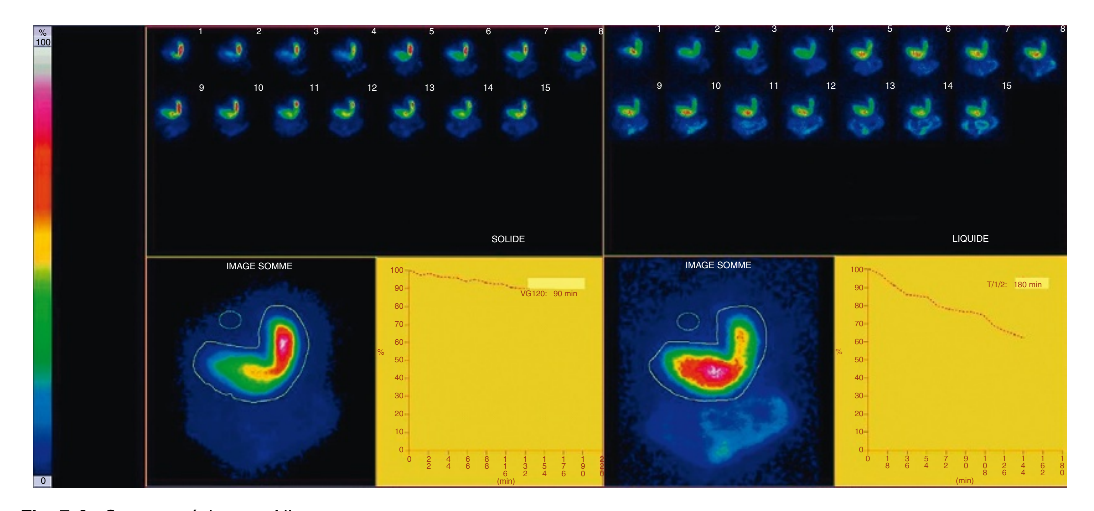


Fig. 7-8. Gastroparésie post-Nissen.
Indication : suspicion de gastroparésie postopératoire après intervention antireflux de Nissen. Évaluation avant traitement par prokinétique.
Interprétation : phase solide avec profil cinétique quasi plat avec VG_{120} à 90 % ; phase liquide avec VG_{120} à 65 % et $T_{50\ LIQ}$ extrapolé à 180 minutes.
Conclusion : gastroplégie primitive et/ou secondaire à l'intervention.

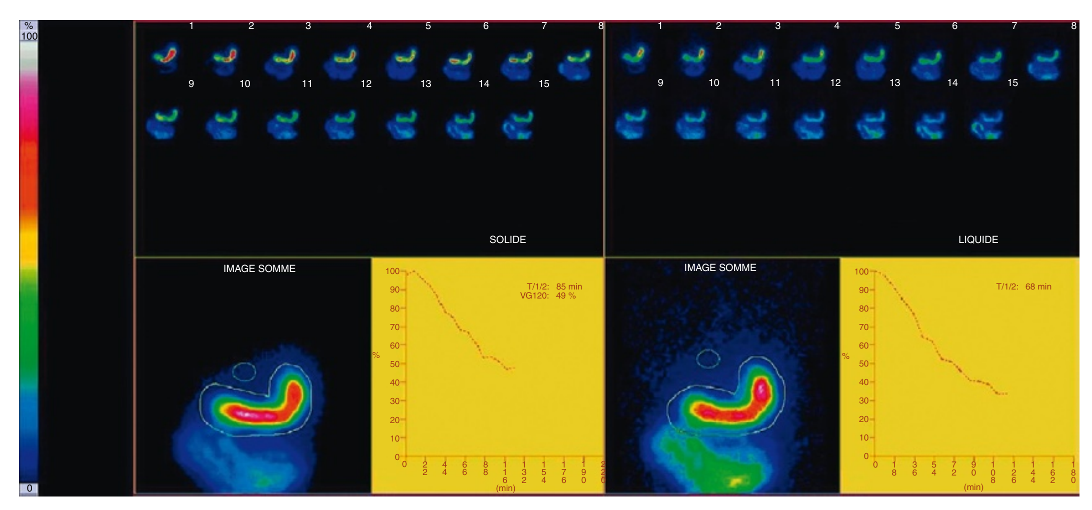


Fig. 7-9. Hépatopathie chronique.
Indication : vomissements répétés chez un patient suivi pour un diabète de type 1 et porteur d'une hépatite auto-immune.
Interprétation : phase solide de profil cinétique apparenté à une cinétique biphasique. Le $T_{50\ SOL}$ est allongé à 85 minutes et se confond pratiquement avec la VG_{120}. La phase liquide présente un profil cinétique quasi linéaire avec perte de son caractère mono-exponentiel physiologique. Le $T_{50\ LIQ}$ s'établit à 68 minutes.
Conclusion : ralentissement sévère de la VG des composants solide et liquide du repas test.

Enfin, une perte de la discrimination gastrique solides–liquides ($T_{50\ SOL} \approx T_{50\ LIQ}$) est parfois identifiée, aboutissant à des cinétiques d'évacuation identiques pour les deux phases du repas.

Une corrélation entre glycémie et vidange gastrique a été retrouvée par plusieurs auteurs. L'hyperglycémie post-prandiale excessive expose à un ralentissement de la vidange gastrique tandis que l'hypoglycémie insulino-induite l'accélère chez le diabétique de type 1. Symétriquement, le ralentissement pharmacologiquement induit de la vidange gastrique détermine une diminution de la glycémie post-prandiale [13] (figure 7-7).

L'érythromycine et les autres membres de la famille des macrolides inhibent la liaison de la motiline à ses récepteurs. Ceux-ci sont localisés dans le muscle lisse des régions antrale et duodénale proximale. Chez les sujets sains, l'érythromycine entraîne une abolition de T_{LAG}, un raccourcissement significatif de la $T_{50\ SOL}$ et, de façon moins constante et moins prononcée, de la $T_{50\ LIQ}$. Janssens *et al.* ont également rapporté une perte de discrimination des courbes d'évacuation gastrique des solides et des liquides dans un groupe témoin [14]. Cette équipe a évalué l'efficacité de l'érythromycine sur la GD au cours d'un essai contrôlé en double insu et *cross over* [14]. L'injection intraveineuse de 200 mg d'érythromycine induit une accélération de la vidange gastrique des liquides et des solides. Cette accélération corrige strictement la gastroparésie des liquides et entraîne une évacuation gastrique supraphysiologique des solides.

Troubles moteurs post-chirurgicaux

Les stases gastriques post-chirurgicales sont définies par la persistance de symptômes dyspeptiques au-delà du premier mois suivant une intervention sur le tractus digestif supérieur.

Les symptômes cliniques sont mal corrélés avec la nature (stase ou accélération) et l'ampleur de la perturbation de l'évacuation gastrique et ne permettent pas d'identifier précisément le trouble moteur gastrique causal (stase gastrique, dumping syndrome, reflux duodénogastrique, syndrome de l'anse afférente…). Dans ce cas de figure, la VGI constitue un excellent outil pour caractériser les anomalies de la vidange des solides et des liquides, guider le traitement et suivre leur évolution.

Ces effets secondaires s'amendent cependant le plus souvent avec le temps. Au-delà de 6 mois

suivant l'intervention, ils ne sont vécus comme invalidants de manière permanente que par une très petite minorité des opérés.

Gastroparésies des vagotomies

La vagotomie tronculaire, avec pyloroplastie ou gastrojéjunostomie, entraîne une perte de la relaxation réceptrice, de l'accommodation et du stockage. La motricité antrale est réduite avec défaut de trituration. La phase 3 du complexe moteur migrant est absente, irrégulière ou raccourcie chez les patients symptomatiques, contribuant à la formation de bézoards. Il s'ensuit que la VGI montre une accélération nette de la vidange des liquides contrastant avec un ralentissement de la vidange des solides [1, 6].

La vagotomie–antrectomie expose à des séquelles fonctionnelles similaires.

La vagotomie suprasélective abolit la relaxation réceptrice, entraînant une accélération de la vidange des liquides, d'ampleur cependant moindre qu'après vagotomie tronculaire et généralement transitoire. La vidange et la trituration des solides sont conservées. Les séquelles fonctionnelles affectent moins de 5 % des patients.

Gastroparésies post-Nissen

Une gastroparésie responsable de symptômes dyspeptiques, parfois sévères, peut compliquer la fundoplicature de Nissen (figure 7-8). Elle est sous-tendue par une hypomotricité antrale post-prandiale et pourrait correspondre soit à une vagotomie accidentelle peropératoire, soit à une gastroparésie préexistant à l'acte opératoire, soit, plus probablement, à la destruction ou à l'irritation de voies nerveuses afférentes ou efférentes participant aux boucles de régulation de la vidange gastrique. On peut s'aider d'une épreuve à l'érythromycine [1-6] en cas de suspicion de lésion involontaire du X.

Troubles moteurs post-gastrectomie

Seules les gastrectomies totales ou subtotales entraînent une accélération constante de la vidange gastrique avec une perte de la discrimination solide–liquide.

Les autres types de gastrectomie (gastrectomie des 2/3, antrectomie), quel que soit le type du rétablissement de la continuité digestive choisi (Billroth I ou II, Roux en Y), déterminent des anomalies très variables d'un sujet à l'autre et totalement imprévisibles. Le plus souvent, une accélération de la vidange des liquides est observée, l'évacuation de solides étant tantôt normale, tantôt accélérée, tantôt ralentie. Une VGI après épreuve pharmacologique avec un dérivé de la somatostatine peut s'avérer intéressante en présence d'une forme invalidante de dumping syndrome.

Reflux gastro-œsophagien

Il semble établi [1–6, 15] que le reflux gastro-œsophagien soit souvent associé à un retard de vidange et qu'en ce cas, le pronostic du traitement chirurgical soit plus réservé que dans le cas contraire. Dans ces conditions, la VGI devient un élément du bilan préopératoire des reflux.

Pseudo-obstruction intestinale chronique (POIC)

La POIC correspond à une entité non rare dans la pratique clinique qui relève d'étiologies diverses. La dénomination de « pseudo-obstruction » fait référence à toutes les situations où les mécanismes de propulsion du bol alimentaire dans le tractus gastro-intestinal sont détériorés. L'anomalie motrice peut atteindre un segment quelconque du tractus digestif : œsophage, estomac, intestin grêle, côlon, ampoule ano-rectale. L'amélioration de la sensibilité et de la spécificité des explorations de la fonction motrice de l'estomac conduit à une identification accrue de ce syndrome. La prévalence de l'atteinte gastrique avoisinerait 40 %. En ce cas, la présentation clinique peut égarer en raison de sa banalité qui en impose pour une dyspepsie non ulcéreuse [1].

La VGI d'un repas mixte montre le plus souvent la combinaison d'un retard d'évacuation des solides et d'une accélération initiale des liquides. Cette combinaison cinétique est similaire à celle rencontrée après une vagotomie.

Situations où l'utilité est possible mais non formellement démontrée

L'indication d'une VGI est possible dans les cas suivants : polymyosite, infections virales (VIH, virus d'Epstein-Barr, cytomégalovirus), maladies chroniques du foie (figure 7-9), amylose, dystrophie myotonique, sclérodermie systémique, maladie de Parkinson [1-4, 6].

Évaluation de la prise en charge thérapeutique

Toutes les indications citées ci-dessus peuvent faire l'objet d'une réévaluation sous prokinétique (métoclopramide, érythromycine, dompéridone) ou après diverses autres options thérapeutiques (programmes de renutrition, hormonothérapie [goséréline]…), fonction du retentissement clinique de la gastroparésie, classée selon trois stades de gravité [13].

La stimulation électrique gastrique en mode haute fréquence est une option thérapeutique innovante susceptible d'améliorer les symptômes et la qualité de vie chez des patients souffrant de gastroparésie réfractaire au traitement médical. À 6 mois, les vomissements seraient supprimés ou très réduits dans 80 % des cas; les nausées, les ballonnements, les régurgitations et l'appétit apparaissent significativement améliorés. Une corrélation significative entre amélioration du score global GIQLI (*gastrointestinal quality of life index*) et raccourcissement du $T_{50\ SOL}$ a été observée [13].

Contre-indications

- Absolues :
  - allergie à l'œuf;
  - femme enceinte;
  - patient grabataire.
- Relative : patient diabétique instable à risque d'hypoglycémie.

Conclusion

La vidange gastrique isotopique joue un rôle clé en routine clinique dans la stratégie diagnostique et thérapeutique en cas de suspicion d'anomalies de la motricité gastrique. Les guides de procédures et les recommandations de bonnes pratiques émises conjointement par les sociétés savantes de médecine nucléaire et de gastroentérologie contribuent à *standardiser* le protocole de la VGI afin de disposer de larges banques de données sur des populations témoins et de permettre la comparaison de résultats entre centres [1-6].

Références

[1] Bizais Y, Paycha F. Vidange gastrique isotopique. Acquisition des données, expression des résultats et principales indications. Méd Nucl 1996; 20 : 160–173, passim, 194–200.

[2] Donohoe KJ, Maurer AH, Ziessman HA, Urbain JL, Royal HD. Procedure guideline for gastric emptying and motility. Society of Nuclear Medicine. J Nucl Med 1999; 40 : 1236–9.

[3] Couturier O, Victor G, Faivre-Chauvet A, Baulieu F, Le Rest C, Bridji B, Paycha F, Bizais Y. Guide de bonnes pratiques en scintigraphie de la vidange gastrique. Méd Nucl 2002; 26 : 211–9.

[4] Mariani G, Boni G, Barreca M, Bellini M, Fattori B, Al Sharif A, Grosso M, Stasi C, Costa F, Anselmino M, Marchi S, Rubello D, Strauss HW. Radionuclide gastroesophageal motor studies. J Nucl Med 2004; 45 : 1004–28.

[5] Menu Y, Zerbib E. Appareil digestif. In : Guide du bon usage des examens d'imagerie médicale. Recommandations pour les professionnels de santé. Transposition de la directive européenne 97/43 Euratom. 1re édition. Paris : Société française de radiologie; 2005, 50.

[6] Abell TL, Camilleri M, Donohoe K, Hasler WL, Lin HC, Maurer AH et al. Consensus recommendations for gastric emptying scintigraphy : a joint report of the American Neurogastroenterology and Motility Society and the Society of Nuclear Medicine. J Nucl Med Technol 2008; 36 : 44–54 [article publié conjointement dans : Am J Gastroenterol 2008; 103 : 753–63].

[7] Urbain JLC, Siegel JA, Charkes ND, Maurer AH, Malmud LS, Fisher RS. The two-component stomach : effects of meal particle size on fundal and antral emptying. Eur J Nucl Med 1989; 15 : 254–259.

[8] Urbain JLC, Van Cutsem E, Siegel JA, Mayeur S, Vandecruys A, Janssens J et al. Visualization and characterization of gastric contractions using a radionuclide technique. Am J Physiol 1990 ; 259 : G1062–67.
[9] Collins PJ, Houghton LA, Read NW, Horowitz M, Chatterton BE, Heddle R et al. Role of proximal and distal stomach in mixed solid and liquid meal emptying. Gut 1991 ; 32 : 615–9.
[10] Shuter B, Ng SM. Radiolabelling of egg meals for gastric emptying studies : a comparison of ^{99m}Tc sulphur and ^{99m}Tc stannous colloids. Nucl Med Commun 2005 ; 26 : 369–74.
[11] Thomforde GM, Brown ML, Malagelada JR. Practical solid and liquid phase markers for studying gastric emptying in man. J Nucl Med Technol 1985 ; 13 : 11–4.
[12] Lartigue S, Bizais Y, Bruley des Varannes S, Murat A, Pouliquen B, Galmiche JP. Inter- and intrasubject variability of solid and liquid gastric emptying parameters. A scintigraphic study in healthy subjects and diabetic patients. Dig Dis Sci 1994 ; 39 : 109–15.
[13] Camilleri M. Diabetic gastroparesis. N Engl J Med 2007 ; 356 : 820–9.
[14] Janssens J, Peeters TL, Vantrappen G, Tack J, Urbain JL, De Roo M, Muls E et al. Improvement of gastric emptying in diabetic gastroparesis by erythromycin. Preliminary studies. N Engl J Med 1990 ; 322 : 1028–31.
[15] Rigaud D, Merrouche M, Le Moël G, Vatier J, Paycha F, Cadiot G et al. Facteurs de reflux gastro-oesophagien acide dans l'obésité sévère. Gastroenterol Clin Biol 1992 ; 19 : 818–25.

Chapitre 8

Manométrie antro-duodénojéjunale

Ph. Ducrotté, G. Gourcerol

La motricité antrogrêlique a deux fonctions. Lors des repas, elle assure l'évacuation progressive des différents composants du repas, puis la propulsion et le brassage du contenu luminal dans l'intestin grêle. Dans l'intervalle des repas, elle vide l'estomac des fibres alimentaires apportées par le repas, puis débarrasse le grêle des résidus non absorbés qu'il contient, permettant de prévenir à fois la formation de bézoards dans l'estomac et la survenue d'une pullulation bactérienne intraluminale dans l'intestin grêle.

La manométrie ne détecte que les variations de pression endoluminale liées à l'activité phasique de la couche circulaire de la musculeuse. En revanche, elle ne permet d'analyser ni l'activité contractile de la couche longitudinale, ni les variations de tonus. Elle ne renseigne pas non plus sur les vitesses d'évacuation gastrique ou de transit qui doivent être étudiées par des tests spécifiques (scintigraphie, test respiratoire).

La manométrie antroduodénale est essentiellement indiquée lorsque se discute le diagnostic de pseudo-obstruction intestinale chronique (POIC), car la mise en évidence d'une motricité antrale et grêlique normale fait reconsidérer le diagnostic.

Rappel sur la motricité antrale et grêlique

Dans l'antre et l'intestin grêle, le profil moteur revêt deux aspects bien distincts selon que l'enregistrement a lieu en période interdigestive ou post-prandiale.

Motricité interdigestive

Chez l'homme normal, la motricité interdigestive du grêle a une organisation cyclique qui comporte la succession de trois périodes :

- une phase de repos moteur (phase I) ;
- une phase d'activité motrice irrégulière non propagée (phase II) ;
- une période de quelques minutes pendant lesquelles survient la phase III, caractéristique de la motricité interdigestive, qui est un train de contractions régulières se propageant sur une longue distance sur le grêle (figure 8-1) [1, 2].

Les phases III sont surtout recueillies au niveau du duodénum et du jéjunum, mais elles ont dans 60 % des cas un site d'initiation gastrique (figure 8-2) [2]. La fréquence contractile de ce train d'ondes est proche de la fréquence contractile maximale autorisée par l'activité électrique de base :

- 3/min dans l'estomac ;
- 10 à 13/min dans le duodéno-jéjunum ;
- 7 à 8/min dans l'iléon [1, 2].

Ces phases III sont typiquement suivies d'une nouvelle période de repos moteur. La succession de ces trois périodes compose le complexe moteur migrant (CMM). La durée du CMM est en moyenne de 85 à 120 minutes [1, 2]. La fréquence de survenue des phases III varie beaucoup d'un sujet à l'autre, mais également d'un jour à l'autre chez un même sujet [2]. Cette variabilité de survenue des phases III est aussi nycthémérale, les phases III étant plus fréquentes la nuit, pendant le sommeil, que pendant le jour [1, 2].

Les Explorations fonctionnelles digestives

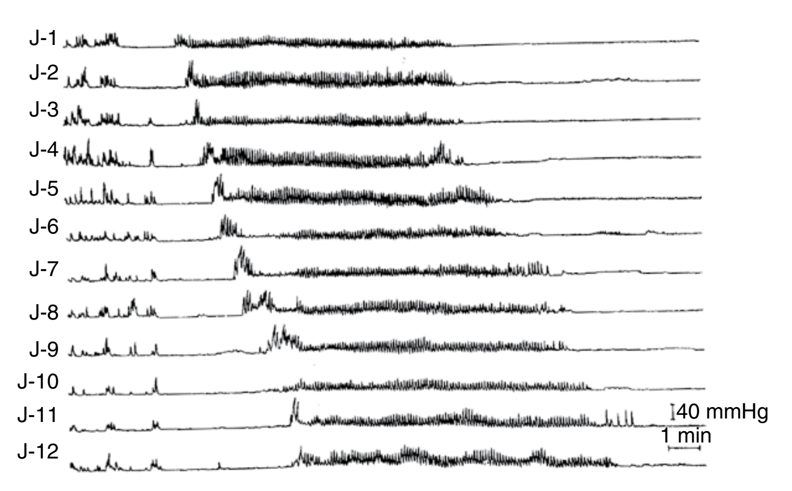


Fig. 8-1. Exemple d'une phase III jéjunale typique sur un enregistrement manométrique jéjunale à 12 niveaux d'enregistrement.

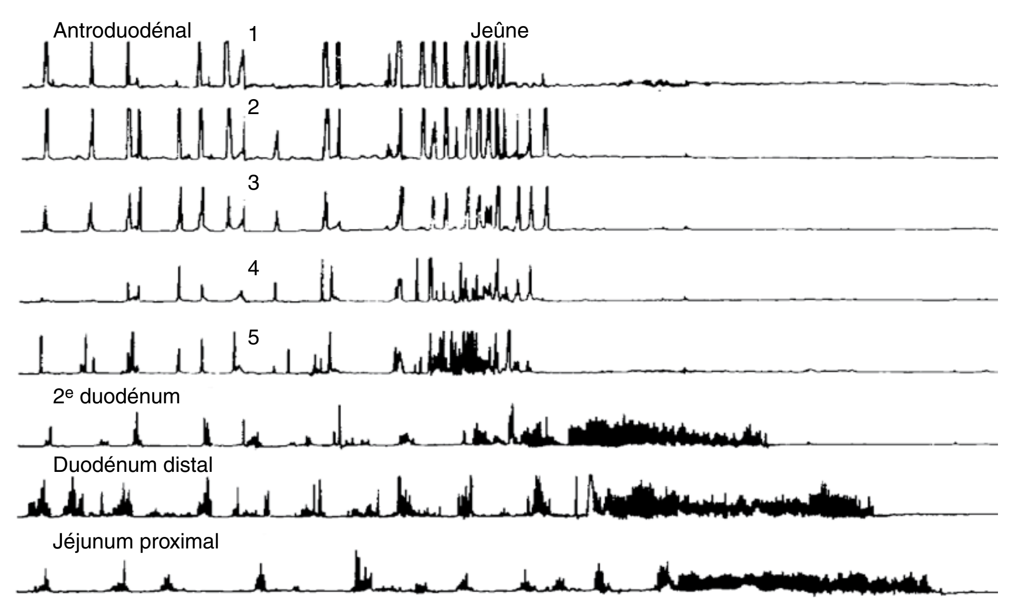


Fig. 8-2. Exemple d'un complexe moteur migrant gastrogrêlique lors d'un enregistrement antro-duodéno-jéjunal.
Le train d'ondes contractiles propagées ou phase III naît dans l'antre puis se propage dans le duodéno-jéjunum. À chaque niveau d'enregistrement, cette phase III est précédée d'une période de repos moteur (phase I) puis d'une période d'activité contractile irrégulière (phase II).

Seulement 40 à 50 % des phases III atteignent l'iléon proximal où elles sont plus longues et plus lentes que dans le grêle proximal [2]. Moins de 5 % des phases III atteignent la valvule iléocæcale. L'iléon terminal est surtout le siège d'une activité contractile sporadique, non systématisée, survenant en bouffées de 1 à 2 minutes, et qui devient de plus en plus intense à mesure que le site d'enregistrement se rapproche de la valvule iléocæcale (figure 8-3) [2].

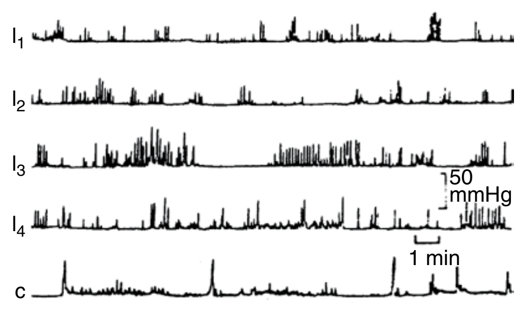


Fig 8-3. Exemple de motricité iléale.

Motricité post-prandiale

Dans l'antre et le grêle, la prise alimentaire induit un profond changement du profil moteur en supprimant très rapidement, à tous les niveaux d'enregistrement, la motricité interdigestive et en particulier les phases III dont la progression s'interrompt rapidement [1, 2]. La motricité post-prandiale antrale se caractérise par des contractions de grande amplitude, survenant au rythme de trois par minute et se propageant dans le grêle [1]. À côté de ces contractions, les enregistrements recueillent des contractions pyloriques isolées (*isolated pyloric pressure waves* ou IPPWs) qui sont enregistrées en dehors de toute contraction antrale ou duodénale, seulement au niveau pylorique [3].

La motricité post-prandiale grêlique consiste en une activité contractile soutenue, seulement interrompue de courtes périodes de repos moteur (figure 8-4) [1, 2]. Ce profil moteur est composé de salves de contractions irrégulières, souvent groupées en courtes bouffées de trois à six contractions successives. Les analyses informatisées étudiant l'organisation de ces contractions post-prandiales ont montré que 50 % d'entre elles se propagent sur une distance de l'ordre de 10 à 15 cm, alors que seulement 10 % se propagent sur une distance plus longue [1]. La réponse motrice du grêle à l'alimentation est maximale dans la phase post-prandiale précoce, alors que l'index moteur diminue à mesure qu'on s'éloigne de l'heure d'ingestion du repas [4]. Comme la motricité interdigestive, la motricité post-prandiale du grêle se caractérise par une grande variabilité d'un individu à l'autre et, chez un même sujet, d'un repas à l'autre. Sa durée augmente avec la charge calorique du repas (figure 8-5).

Au niveau iléal, la période post-prandiale est caractérisée surtout par des variations de tonus avec une relaxation iléale prolongée qui succède à une

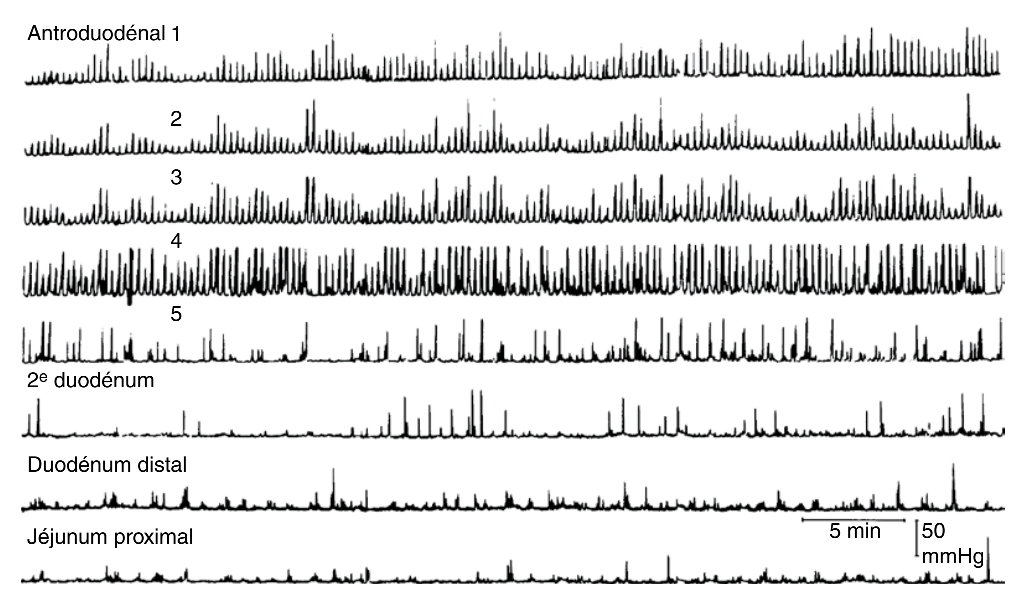


Fig. 8-4. Exemple d'un profil moteur post-prandial du grêle avec une activité quasi permanente, sans organisation évidente à tous les niveaux d'enregistrement sur un examen manométrique du grêle au niveau duodénal et jéjunal.

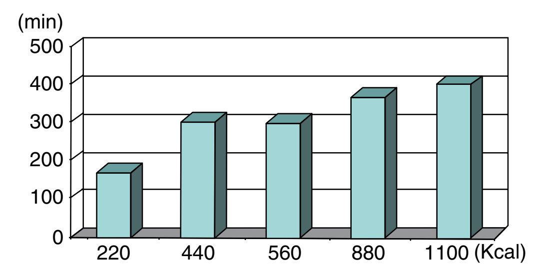


Fig. 8-5. Relation entre la charge calorique du repas et la durée d'interruption des phases III.
D'après Marie I, Levesque H, Ducrotté P, Denis P, Benichou J, Hellot MF et al. Manometry of the upper intestinal tract in patients with systemic sclerosis : a prospective study. *Arthritis Rheum* 1998 ; 41 : 1874–83.

brève contraction tonique initiale. Cette relaxation permet au grêle terminal de jouer un rôle de réservoir [5].

Le profil moteur post-prandial se termine avec le retour des phases III. Les premières phases III diffèrent de celles recueillies lorsque la motricité interdigestive est bien installée par un site d'initiation plus distal et une propagation sur une plus courte distance [2].

Relations motricité et transit

Elles sont encore incomplètement appréhendées. En période interdigestive, pendant la phase I, les mouvements intraluminaux sont très réduits. Pendant la phase II, des contractions segmentaires et péristaltiques coexistent. Dans la phase II tardive, précédant immédiatement l'apparition d'une phase III, les contractions péristaltiques deviennent prédominantes. La phase III est péristaltique, elle débarrasse le grêle des derniers éléments du repas et des sécrétions résiduelles, contribuant à prévenir une pullulation bactérienne endoluminale [6]. Dans le duodénum proximal, les dernières contractions d'une phase III sont plutôt rétropropagées. L'étude des flux endoluminaux par des techniques de perfusion/aspiration d'un traceur non absorbable ont montré que 50 % des mouvements endoluminaux s'observent lors de la survenue puis de la progression des phases III, alors que 30 à 40 % des déplacements sont contemporains d'une phase II.

Dans les premières minutes de la période post-prandiale, le chyme entrant dans le grêle transite rapidement, entrant ainsi en contact avec une large surface muqueuse. Ultérieurement, les mouvements endoluminaux sont lents et limités, favorisant les processus d'absorption. Le flux post-prandial varie de 1 à 7 mL/min, les pics de flux étant observés toutes les 90 à 120 minutes [6].

L'arrivée des calories dans l'iléon engendre, avec une latence de 20 à 30 minutes, un freinage de l'activité motrice gastro-intestinale dans son ensemble (ralentissement de la vidange gastrique et du transit dans le grêle) et une réduction de l'index moteur jéjunal. Ce mécanisme dit de frein iléal peut survenir tôt après la prise d'un repas puisque l'iléon reçoit, 20 à 60 minutes après le début de la prise alimentaire, les premières portions du bol alimentaire.

Aspects techniques

Préparation du malade

Les malades sont explorés après un jeûne de 12 heures et l'interruption de tout traitement susceptible de modifier la motricité digestive depuis au moins 48 heures. Lorsqu'ils sont sous nutrition parentérale, un arrêt de celle-ci est souhaitable si cela est possible, car la nutrition parentérale modifie la libération d'hormones telles que le glucagon et la somatostatine qui modulent la motricité digestive [7]. Pour les patients diabétiques, certains centres recommandent de ne réaliser un enregistrement que lorsque la glycémie à jeun est inférieure à 200 mg/dL. Lorsque les patients diabétiques sont équilibrés, l'administration d'insuline doit être poursuivie, mais simplement à demi-dose le matin du jour de l'enregistrement [7].

Sonde d'enregistrement

La sonde peut être composée de capteurs électroniques ou plus souvent de cathéters perfusés [7]. Les capteurs électroniques, qui autorisent des enregistrements ambulatoires, représentent théo-

riquement la solution idéale. Mais le coût élevé du matériel qui impose de réutiliser la sonde et les nombreux artéfacts de mouvements limitent, au moins pour l'instant, la diffusion de cette technique à de rares centres spécialisés dans le monde [1]. Actuellement, dans la quasi-totalité des cas, les enregistrements sont stationnaires et effectués avec une sonde à cathéters perfusés à usage unique. Un système pneumohydraulique de perfusion avec de l'eau stérile est recommandé, avec un débit de perfusion optimal variant de 0,05 à 0,1 mL/min [7].

Quel que soit le type de sonde, l'intervalle idéal entre les capteurs est de 2 cm dans l'estomac et de 10 cm dans le duodéno-jéjunum [7, 8].

La sonde est habituellement équipée à son extrémité distale d'un ballonnet lesté qui facilite sa progression et évite son retrait inopiné en cours d'enregistrement. Un lest d'un volume important contribue au maintien de la sonde en bonne position mais expose à des difficultés de progression notamment à travers le pylore et au niveau du genu supérius.

Mise en place de la sonde

Après calibration, la sonde est introduite par le nez et poussée au-delà du pylore dans le duodénum. La volonté d'avoir un enregistrement interprétable de la motricité pylorique complique le geste, car un tel souhait impose de bien positionner la sonde au niveau du pylore. Un point d'enregistrement 1 cm en amont du pylore est alors recommandé pour s'assurer de cette position correcte. Manométriquement, le pylore peut être détecté si l'un des trois schémas suivants existe sur l'enregistrement :

- succession d'une contraction antrale identifiée par une durée supérieure à 5 secondes et d'une contraction duodénale d'une durée inférieure à 3 secondes ;
- présence d'une zone permanente de haute pression, traduction du tonus pylorique ;
- absence de contraction sur la première voie située immédiatement en aval d'un point recueillant une contraction antrale [3, 7].

Certaines équipes recommandent le recours à une technique de différences de potentiel transmuqueux et un enregistrement avec une sonde à manchon *(sleeve)* pour identifier de façon formelle le pylore [3]. Cette technique n'est disponible que dans quelques centres très spécialisés.

Des troubles moteurs sévères du tube digestif et la présence d'un lest distal rendent parfois le bon positionnement de la sonde difficile. Le recours à une sonde équipée d'un fil guide est une solution. En France, l'option est de proposer une endoscopie pour cette mise en place, notamment pour faire franchir à la sonde le pylore et le premier duodénum qui sont les obstacles les plus courants à sa progression. L'extrémité distale de la sonde est alors équipée d'un fil formant un nœud qui permet une traction par une pince à biopsie passée dans le canal opérateur de l'endoscope. La sonde doit être tractée au minimum jusque dans le deuxième duodénum. Si une endoscopie sous anesthésie est nécessaire, il importe de décaler le début de l'enregistrement par rapport à l'anesthésie pour éviter d'interpréter l'absence de motricité comme un trouble moteur sévère, alors qu'elle peut simplement être liée à l'anesthésie. Certains centres proposent une sédation par le midazolam par voie intraveineuse à la dose de 2 à 5 mg, suivie de l'administration d'un antagoniste également par voie intraveineuse type flumazémil (0,2 à 0,4 mg). En cas d'utilisation du midazolam, un laps de temps d'au moins une heure après l'injection est recommandé avant de débuter l'enregistrement [7].

Une fois en place, la sonde est habituellement fixée au niveau du nez. Sa position correcte est contrôlée au début et à la fin de l'examen par un examen radioscopique et/ou un cliché d'abdomen sans préparation. La présence de témoins radio-opaques en regard des points d'enregistrement permet de sélectionner les voies les plus intéressantes pour l'enregistrement. Pour être interprétable, l'examen doit respecter trois conditions essentielles :

- comporter plusieurs (au minimum trois) niveaux d'enregistrement sur le grêle, espacés de 10 à 15 cm avec un site d'enregistrement voisin de l'angle de Treitz pour autoriser de façon satisfaisante la détection d'une activité propagée ;
- être d'une durée suffisamment longue pour ne pas conclure à tort à l'absence des phases III en

raison de l'importante variabilité nycthémérale de survenue des phases III ;
- comporter l'ingestion d'un repas pour détecter la survenue d'une motricité post-prandiale.

Dans l'expérience de notre centre de Rouen, en cas d'enregistrement avec une sonde duodéno-jéjunale équipée de voies d'enregistrement tous les 10 cm, la position est correcte lorsque le ballonnet distal se projette sur le cliché d'abdomen sans préparation en regard de la fosse iliaque gauche (figure 8-6) [9]. La durée d'enregistrement est un point critique pour l'interprétation du tracé. Un enregistrement de 24 heures est la solution idéale. Si un examen d'une telle durée est matériellement impossible à organiser, un enregistrement d'au moins 6 heures comportant au moins 4 heures d'enregistrement en période de jeûne [1, 7, 8] ou un enregistrement nocturne sont recommandés pour augmenter la probabilité d'enregistrement d'une phase III en raison de leur survenue particulièrement la nuit pendant le sommeil [7, 8].

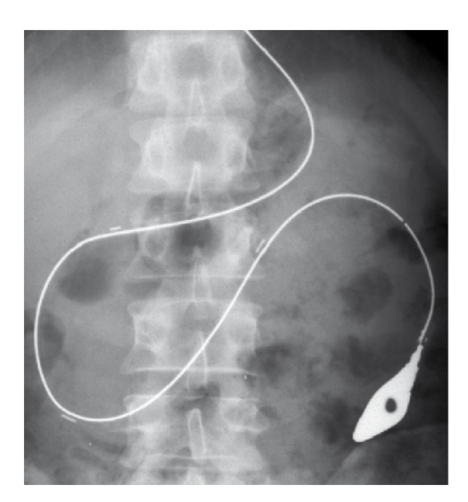


Fig. 8-6. Cliché d'abdomen sans préparation montrant la position correcte d'une sonde d'enregistrement avec des voies d'enregistrement (identifiées par les cercles) tous les 10 cm.

Pendant l'enregistrement, il est indispensable de noter les heures auxquelles le malade prend un repas et utile de recueillir les symptômes digestifs ressentis par le malade pour tenter de les corréler à la survenue de phénomènes moteurs.

Interprétation du tracé

L'interprétation du tracé est souvent à la fois visuelle et automatisée.

Motricité interdigestive

L'analyse identifie surtout les phases III qui sont les éléments les plus caractéristiques de cette motricité et qui sont habituellement facilement identifiables. L'analyse de ces ondes comporte l'étude de leur site de survenue (gastrique, duodénal, jéjunal), le calcul de leur fréquence, de leur durée, de leur amplitude moyenne, de leur vitesse de propagation et du caractère normal ou pas de cette propagation. Il faut savoir que des différences de durée et de vitesse de propagation existent entre les phases III jéjunales et iléales, les phases III iléales étant plus longues et plus lentement propagées (tableau 8-1) [2]. L'absence de phase III pendant la journée a déjà été observée chez des volontaires sains [2]. En revanche, l'absence de phase III pendant toute une nuit doit être considérée comme anormale.

Motricité post-prandiale

En l'absence d'analyse informatisée, le calcul se limite le plus souvent à la détection ou non

Tableau 8-1 Caractéristiques de la phase III du complexe moteur migrant en fonction du site d'enregistrement*.

	Jéjunum	Iléon proximal	Iléon terminal
Fréquence des contractions (n/min)	10,5–12,5	9,3–10,9	8,6–10,0
Durée (min)	7,3 ± 1,8	11,6 ± 3,4	11,1 ± 4,1
Vitesse (cm/min)	4,7 ± 1,8	1,3 ± 0,4	0,9 ± 0,2

* D'après Kellow JE, Borody S, Philips S, Tucker RL, Haddad AC. Human interdigestive motility : variations in patterns from esophagus to colon. *Gastroenterology* 1986 ; 98 : 1208–18.

Encadré 8-1

Critères de normalité de la manométrie du grêle proposés par le consensus américain*

- Au moins une phase III/24 heures
- Apparition d'un profil moteur post-prandial sans réapparition d'une phase III pendant 2 heures après un repas de 400 kcal
- Index moteur antral post-prandial > 13,67/2 heures
- Contractions antrales > 40 mmHg
- Contractions grêliques > 20 mmHg
- Absence de contractions en salves > 30 sec
- Absence de contractions simultanées d'une durée > 8 sec

* D'après Camilleri M, Bharucha AE, Di Lorenzo C, Hasler WL, Prather CM, Rao SS, Wald A. American Neurogastroenterology and Motility Society consensus statement on intraluminal measurement of gastrointestinal and colonic motility in clinical practice. *Neurogastroenterol Motil* 2008 ; 20 : 1269–82.

d'un profil moteur de type post-prandial et à la durée d'interruption des phases III par le repas pour laquelle la Société américaine de motricité vient de proposer une norme (encadré 8-1) [8]. La durée est dépendante du repas test utilisé [1]. L'analyse du tracé comporte également la recherche de contractions antrales d'amplitude normale à un rythme de 3/min dans l'antre et de l'apparition d'un profil moteur dans le grêle. Une analyse informatisée permet le calcul d'un index moteur post-prandial (mmHg.min) qui intègre à la fois l'amplitude et le nombre des contractions enregistrées pendant la durée d'interruption des phases III par le repas. Alors qu'il n'existe pas de différence dans la motricité interdigestive, la motricité duodéno-jéjunale post-prandiale d'un sujet de plus de 70 ans est un peu plus faible que celle recueillie chez un sujet plus jeune (tableau 8-2) [10].

Événements moteurs particuliers

La lecture du tracé peut identifier des événements moteurs particuliers :

- les courtes salves de contractions (*discrete clustered contractions* ou DCCs) correspondent à des contractions survenant au rythme maximal de l'onde lente et en courtes salves de 3 à 10 par minute (figure 8-7). Nées dans le grêle proximal, elles se propagent dans le sens antérograde sur une distance assez courte (30 à 50 cm). En survenant toutes les 1 à 2 minutes, ces salves réalisent parfois un « rythme minute ». Chez l'adulte jeune, elles sont physiologiques en phase II du CMM et en post-prandial. Elles sont enregistrées chez plus de 60 % des sujets âgés sains pendant la période post-prandiale. Un « rythme minute » peut cependant être un signe moteur de lutte et le témoin d'un obstacle sur le grêle [1] ;
- les contractions géantes propagées (*giant migrating contractions* ou GMCs) se définissent par des contractions de grande amplitude (> 30 mmHg), longues (15 à 20 secondes) et propagées sur la quasi-totalité du grêle. Ce type de contractions est hautement propulsif et

Tableau 8-2 Comparaison des caractéristiques motrices duodéno-jéjunales en fonction de l'âge*.

		65–85 ans	20–35 ans	
Phase III	Index moteur	388 ± 99	378 ± 76	NS
	Fréquence/min	10,7 ± 0,7	11,3 ± 0,4	NS
	Amplitude (mmHg)	39,7 ± 14	33,5 ± 7,1	NS
	Durée (min)	7,3 ± 2,9	6,5 ± 1,7	NS
	Vitesse (cm/min)	8,2 ± 3,8	8,9 ± 3,7	NS
Motricité post-prandiale	Index moteur	127,6 ± 60,4	210,7 ± 63,5	P < 0,05
	Contractions/min	3,9 ± 1,3	6,5 ± 2,9	NS
	Amplitude (mmHg)	32,7 ± 11,0	32,2 ± 7,6	NS

* D'après Anuras S, Sutherland J. Small intestinal manometry in healthy elderly subjects. *J Am Geriatr Soc* 1984 ; 32 : 581–3.

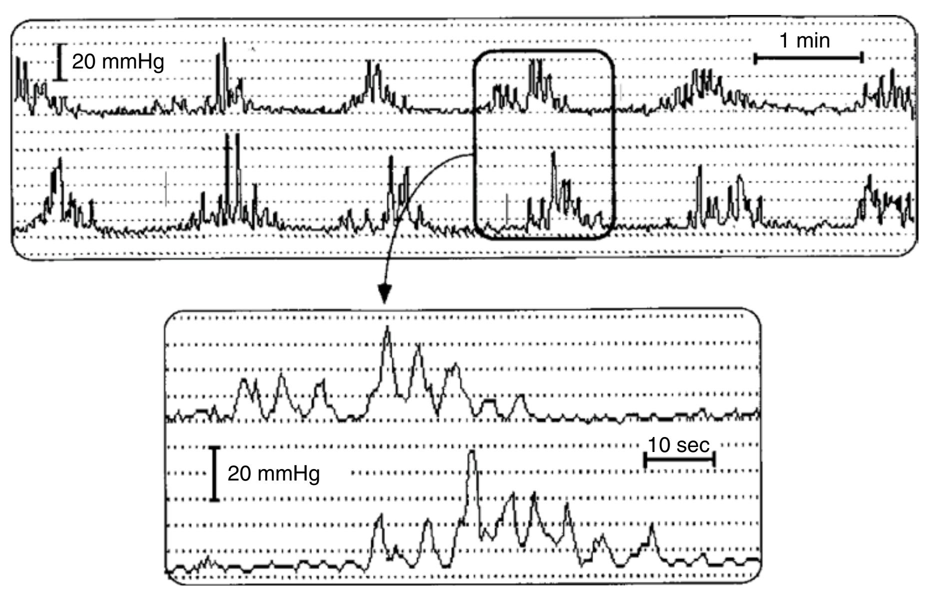


Fig. 8-7. Aspect d'occlusion mécanique du grêle avec des contractions de grande amplitude et longues survenant simultanément à tous les niveaux d'enregistrement.

contribue à propulser le contenu du grêle dans le cæcum. Ces GMCs peuvent représenter une réponse motrice du grêle à la présence d'un agent infectieux ou toxique dans la lumière digestive [1];

- des contractions uniques ou en courtes bouffées, de grande amplitude ou de durée supérieure à 8 secondes et survenant simultanément sur toutes les voies d'enregistrement sans artéfact de mouvement suggèrent une occlusion mécanique du grêle (figure 8-8) [11, 12].

Tests pharmacologiques

Plusieurs hormones intestinales, comme la motiline ou la somatostatine, modulent la survenue des CMM, via des effets endocrines ou paracrines. L'érythromycine, qui est un agoniste des récepteurs de la motiline, permet l'initiation de CMM à point de départ antral. La somastostatine donnée sous forme d'octréotide (100 µg par voie sous-cutanée) provoque la survenue de CMM à départ duodénal. Cet effet moteur explique l'utilisation thérapeutique possible de la somatostatine dans les troubles moteurs sévères du grêle avec absence de phase III, comme dans la sclérodermie [9, 13]. La trimébutine à la dose de 100 mg par voie intraveineuse a également la propriété d'induire le déclenchement d'une phase III dans les minutes suivant l'injection [14].

Lorsque le tracé révèle une motricité antrale ou duodéno-jéjunale pauvre et/ou l'absence de phase III, il est utile de terminer l'enregistrement par une stimulation pharmacologique de l'antre ou de l'intestin grêle pour savoir si le tube digestif demeure stimulable pharmacologiquement.

Indications

L'indication essentielle de la manométrie antro-duodénale est le diagnostic de pseudo-obstruction intestinale chronique (POIC). D'autres indications s'inscrivent davantage dans des travaux de recherche.

Recherche d'arguments pour une pseudo-obstruction

Le terme POIC désigne un syndrome clinique évoquant une obstruction mécanique de l'intes-

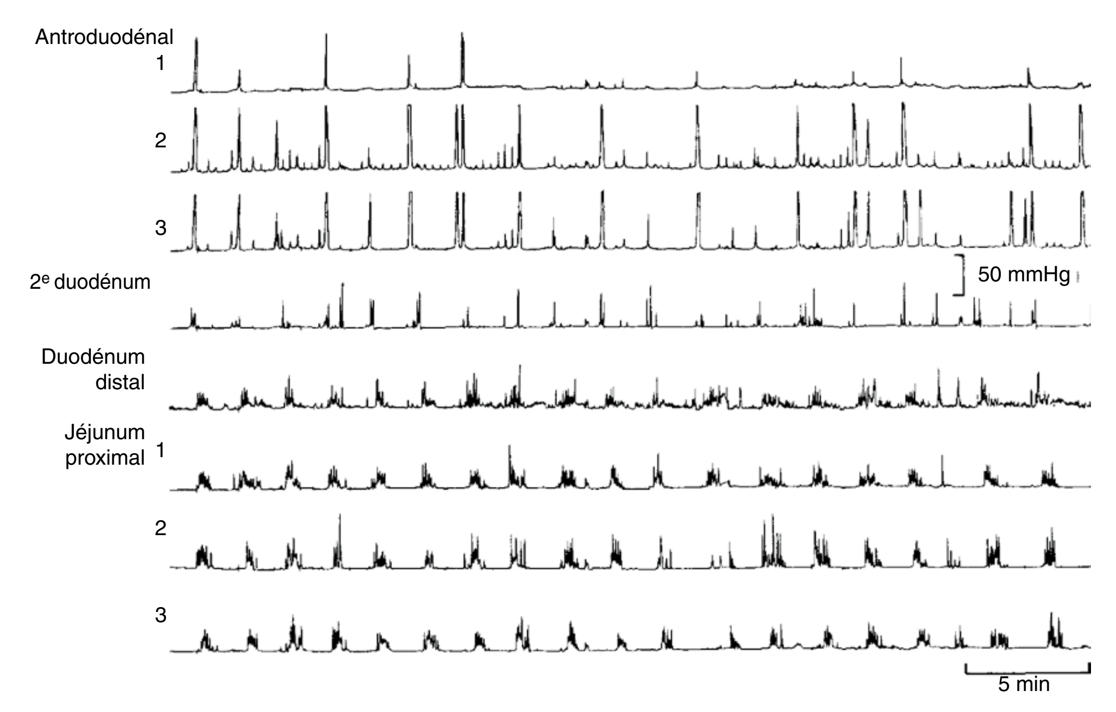


Fig. 8-8. Subocclusion mécanique du grêle.
Aspect manométrique de contractions en courtes bouffées (*discrete clustered contractions* ou DCCs) réalisant un « rythme minute ».

tin grêle, mais devant lequel aucun obstacle n'est mis en évidence [15]. Il s'agit d'une affection rare et grave, d'origine primitive (40 %) ou secondaire (60 %). Alors que les formes familiales avec transmission sur un mode autosomique dominant ou récessif étaient initialement considérées comme majoritaires, elles semblent actuellement minoritaires.

Les symptômes de la pseudo-obstruction sont liés à l'altération et la perte du péristaltisme intestinal. Il s'agit principalement de nausées, vomissements, météorismes, douleurs abdominales et troubles du transit à type de constipation et/ou diarrhée. Ils précèdent souvent pendant des années le diagnostic de POIC et aboutissent à terme à une dénutrition et à des troubles hydro-électrolytiques parfois majeurs.

La manométrie antroduodénale ou antro-duodéno-jéjunale est l'examen clé pour porter le diagnostic, car elle est quasiment toujours anormale avec la réserve signalée précédemment de disposer d'un examen d'une durée suffisamment longue pour éviter des faux positifs (absence normale de phase III pendant la période diurne conduisant à tort, après un enregistrement diurne trop court, à faire un diagnostic de POIC par excès). Ainsi, une manométrie antro-duodéno-jéjunale normale conduit à infirmer un diagnostic de POIC évoqué cliniquement [15].

En plus du diagnostic positif, la manométrie permet de distinguer les POIC liées à une neuropathie de celles liées à une atteinte myogène. Au cours des neuropathies, les contractions ont une amplitude normale, mais elles sont mal coordonnées et le tracé comporte parfois une motricité rétropropagée (figure 8-9). Les myopathies se caractérisent par une hypomotricité majeure avec la persistance de contractions de faible amplitude ou une absence de contractions (figure 8-10). Quand les contractions existent, leur organisation, notamment leur coordination, est respectée [16]. Un travail récent effectué chez 113 malades atteints d'une POIC rapporte que les anomalies motrices évoquant une neuropathie sont les plus fréquentes (83 % des malades), alors que les myopathies concernent 5,5 % des malades et que

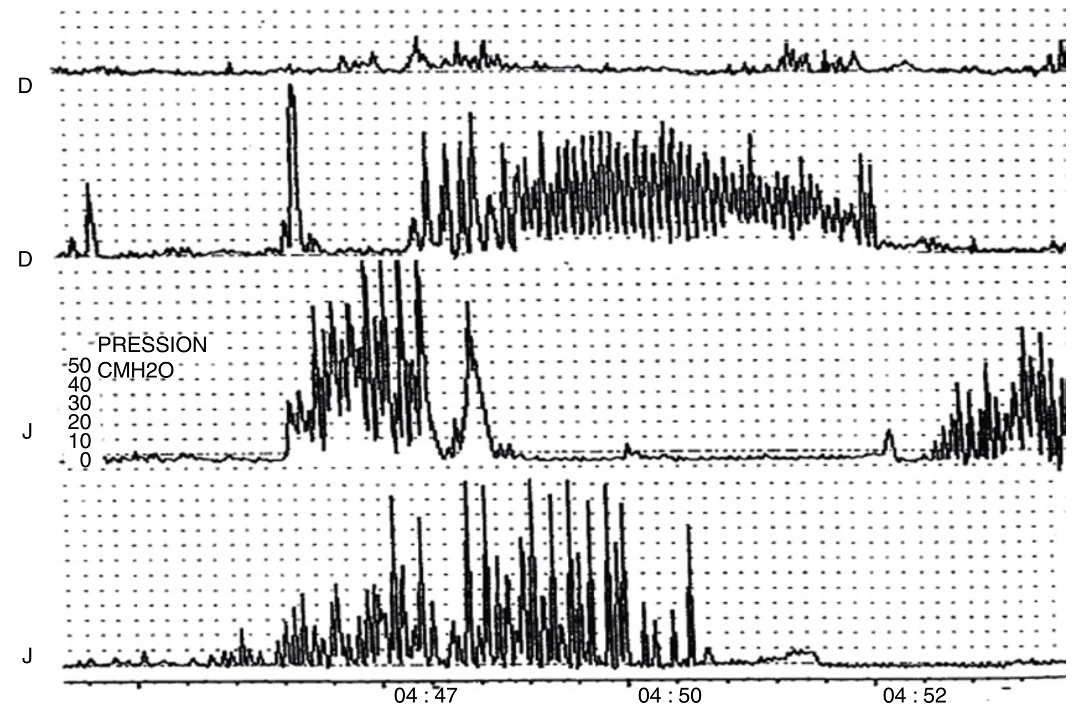


Fig. 8-9. Exemple de propagation anarchique de l'activité motrice au cours d'une atteinte neurogène du grêle (J : jéjunum, D : duodénum).

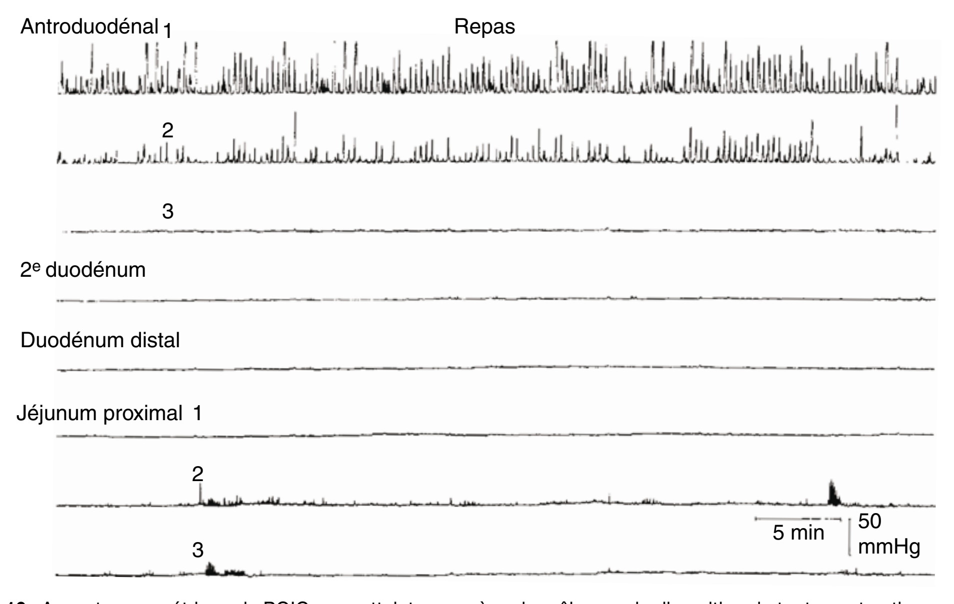


Fig. 8-10. Aspect manométrique de POIC avec atteinte myogène du grêle avec la disparition de toute contraction.

8 % ont une atteinte mixte. Enfin, chez 3,5 % des patients, la manométrie est en faveur d'une obstruction mécanique incomplète du grêle [15].

En dehors d'un tableau d'obstruction mécanique de l'intestin grêle sans obstacle patent, la recherche d'une POIC se discute également dans deux autres circonstances :

- une constipation majeure faisant découvrir une inertie colique vraie (absence de contractions propagées de grande amplitude et absence de réponse colique à l'alimentation). Dans ce cas, il est impératif d'éliminer un trouble diffus de la motricité digestive suggérant une POIC avant de poser l'indication d'une colectomie totale pour traiter la constipation rebelle ;
- une gastroparésie sévère avec ralentissement majeur de la vidange gastrique non améliorée par les différents prokinétiques, pour distinguer, dans un but thérapeutique, une atteinte sévère purement gastrique, amène à envisager par exemple l'implantation d'un stimulateur électrique gastrique, d'une POIC avec atteinte sous-jacente du grêle passant au second plan derrière les symptômes gastriques.

La manométrie grêlique peut conduire à reconsidérer un diagnostic de POIC évoqué devant un tableau d'obstruction mécanique de l'intestin grêle et suspecté devant l'absence d'obstacle mécanique lors des explorations radiologiques habituelles. Si l'enregistrement recueille des ondes de contraction post-prandiale prolongées ou non propagées, ou un « rythme minute » dans la période post-prandiale précoce, le diagnostic d'occlusion sans obstruction mécanique doit être rediscuté [1, 11, 12, 16].

Autres indications

Les autres indications potentielles de l'examen sont résumées dans le tableau 8-3. Elles sont pour l'instant proposées beaucoup plus dans le cadre de protocoles de recherche que dans une pratique clinique de routine.

Conclusion

La manométrie antro-duodéno-jéjunale est une exploration manométrique de longue durée dont le déroulement est désormais bien codifié. Ses indications sont peu fréquentes et dominées par la recherche d'une POIC. Dans cette indication, sa valeur diagnostique, en particulier sa valeur prédictive négative, est majeure et son résultat un élément clé pour le diagnostic. La manométrie antro-duodéno-jéjunale demeure un examen invasif avec comme difficulté principale le bon positionnement de la sonde de manométrie chez des malades atteints de troubles sévères de la motricité digestive. Ceci est une des explications au fait qu'en France, ce type d'explorations demeure l'apanage de quelques centres spécialisés.

Tableau 8-3 Indications potentielles pour manométrie du grêle, en dehors de la recherche d'une POIC.

Indication	Objectifs de la manométrie du grêle
Recherche d'un syndrome de rumination	Mettre en évidence des artéfacts d'élévation de la pression simultanément sur toutes les voies d'enregistrement en post-prandial lors des « vomissements » [17]
Recherche d'argument pour une vagotomie	Démontrer une fréquence élevée de survenue des phases III (> 3 phases III/3 heures) Démontrer une réduction importante de la motricité post-prandiale (< 1/2 heure) [18]
Bilan de douleurs abdominales chroniques	Rechercher des arguments manométriques pour un obstacle sur le grêle [11, 12] Rechercher des arguments manométriques en faveur d'un syndrome de l'intestin irritable [19]
Bilan de vomissements inexpliqués sans gastroparésie	Rechercher des arguments pour un syndrome de rumination [17]
Pullulation bactérienne endoluminale grêlique	Rechercher des troubles moteurs sévères du grêle et/ou d'un ralentissement important des phases III du CMM [1]

Références

[1] Husebye E. The patterns of small bowel motility : physiology and implications in organic disease and functional disorders. Neurogastroenterol Motil 1999; 11 : 141–61.

[2] Kellow JE, Borody S, Philips S, Tucker RL, Haddad AC. Human interdigestive motility : variations in patterns from esophagus to colon. Gastroenterology 1986; 98 : 1208–18.

[3] Heddle R, Read NW, Houghton LA, Toouli J, Horowitz M, Maddern Gj, Downton J. Antropyloroduodenal motor responses to intraduodenal lipid infusion in healthy volunteers. Am J Physiol 1988; 254 : G671–9.

[4] Ouyang A, Sunshine AG, Reynolds JC. Caloric content of a meal affects duration but not contractile pattern of duodenal motility in man. Dig Dis Sci 1989; 34 : 528–36.

[5] Coffin B, Lémann M, Flourié B, Picon L, Rambaud JC, Jian R. Ileal tone in humans : effects of locoregional distension and eating. Am J Physiol 1994; 267 : G569–74.

[6] Kerlin P, Zinsmeister A, Phillips S. Relationship of motility to flow of contents in the hyman small intestine. Gastroenterology 1982; 82 : 701–6.

[7] Camilleri M, Hasler WL, Parkman HP, Quigley EM, Soffer E. Measurement of gastrointestinal motility in the GI laboratory. Gastroenterology 1998; 115: 747–62.

[8] Camilleri M, Bharucha AE, Di Lorenzo C, Hasler WL, Prather CM, Rao SS, Wald A. American Neurogastroenterology and Motility Society consensus statement on intraluminal measurement of gastrointestinal and colonic motility in clinical practice. Neurogastroenterol Motil 2008; 20 : 1269–82.

[9] Marie I, Levesque H, Ducrotté P, Denis P, Benichou J, Hellot MF et al. Manometry of the upper intestinal tract in patients with systemic sclerosis : a prospective study. Arthritis Rheum 1998; 41: 1874–83.

[10] Anuras S, Sutherland J. Small intestinal manometry in healthy elderly subjects. J Am Geriatr Soc 1984; 32 : 581–3.

[11] Summers RW, Anuras S, Green I. Jejunal manometry patterns in health, partial intestinal obstruction and pseudo-obstruction. Gastroenterology 1983; 85 : 1290–300.

[12] Camilleri M. Jejunal manometry in distal subacute mechanical obstruction : significance of prolonged simultaneous contractions. Gut 1989; 30 : 468–75.

[13] Haruma K, Wiste JA, Camilleri M. Effect of octreotide on gastrointestinal pressure profiles in health and in functional and organic gastrointestinal disorders. Gut 1994; 35 : 1064–9.

[14] Chaussade S, Grandjouan S, Couturier D, Thierman-Duffaud D, Henry JF. Effet de la trimébutine sur la motricité de l'intestin grêle proximal chez l'homme normal : mécanisme d'action. Gastroenterol Clin Biol 1987; 11 : 97B–101B.

[15] Joly F, Amiot A, Coffin B, Lavergne-Slove A, Messing B, Bouhnik Y. Pseudo-obstruction intestinale chronique. Gastroenterol Clin Biol 2006; 30 : 975–85.

[16] Stanghellini V, Camilleri M, Malagelada JR. Chronic intestinal pseudo-obstruction : clinical and manometric findings. Gut 1987; 28 : 5–12.

[17] Sokyan I, Chen JD, Kendall B, McCallum R. The rumination syndrome : clinical and manometric profile, therapy, and long-term outcome. Dig Dis Sci 1997; 42 : 1866–72.

[18] Thompson DG, Ritchie HD, Wingate DL. Patterns of small intestinal motility in duodenal ulcer patients before and after vagotomy. Gut 1982; 23 : 517–23.

[19] Kellow JE, Gill RC, Wingate DL. Prolonged ambulant recordings of small bowel motility demonstrate abnormalities in the irritable bowel syndrome. Gastroenterology 1990; 98 : 1208–18.

Chapitre 9

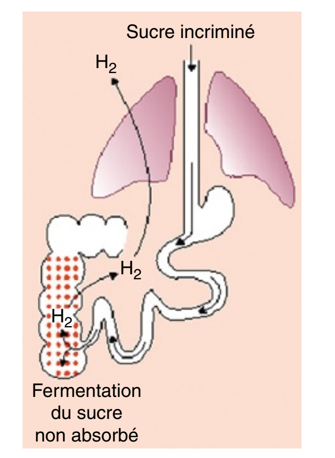
Tests respiratoires à l'hydrogène

Th. Piche

Le principe des tests respiratoires à l'hydrogène (H_2) s'appuie sur le fait que la seule source d'H_2 produite par l'homme provient de la fermentation des glucides indigestibles par les bactéries anaérobies. Il s'agit d'une méthode relativement ancienne, l'existence d'une corrélation entre la production intestinale d'H_2 et ses concentrations dans l'air expiré ayant été mise en évidence pour la première fois en 1969 [1]. En fait, l'exposition d'un glucide indigestible aux bactéries intestinales à certaines valeurs de pH produit de l'H_2, du gaz carbonique (CO_2) et d'autres gaz traces. On estime que la quantité d'H_2 libérée par la fermentation de 12,5 g de glucides est d'environ 4 litres. Dans le côlon, 15 à 20 % de l'H_2 produit est absorbé par diffusion passive et une partie est consommée par les bactéries pour réduire le CO_2 en méthane (CH_4) ou en acétate. L'H_2 peut alors être mesuré dans l'air expiré par chromatographie gazeuse (figure 9-1). La mesure simultanée de l'H_2 et du CH_4 peut être utile pour s'affranchir des faux négatifs, 15 % des sujets étant méthano-producteurs. En raison de leur simplicité de réalisation et de leur coût peu élevé, les tests respiratoires à l'H_2 sont largement utilisés en pratique clinique, par exemple pour le diagnostic des maldigestions des hydrates de carbone [2], en particulier du lactose, de la pullulation microbienne intestinale [3] ou pour la mesure du temps de transit orocæcal [4].

Matériel

La détection d'H_2 dans l'air expiré repose sur le principe de la chromatographie en phase gazeuse. Les échantillons d'air expiré sont recueillis dans des sacs



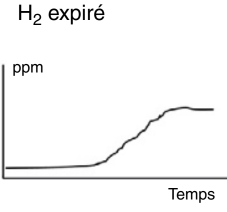


Fig. 9-1. Mécanismes conduisant à la production d'hydrogène dans l'air expiré.
Bernard Flourié, Le test respiratoire à l'hydrogène en gastroentérologie. *Hépato-Gastro* Techniques 1998 ; 1 (5) : 53-5. Avec l'autorisation de John Libbey Eurotext.



Fig. 9-2. Matériel pour la réalisation des tests respiratoires à l'hydrogène.
Le chromatographe comporte une entrée (en bas à droite sur la façade de l'appareil) permettant l'injection des gaz expirés recueillis dans le sac étanche (au premier plan).

Encadré 9-1

Mesures à respecter pour la réalisation d'un test respiratoire à l'hydrogène

- Éviter les antibiotiques un mois avant le test
- Pas de préparation à la coloscopie dans le mois qui précède le test
- Parfois régime sans lactose 2 semaines avant le test
- Repas sans résidu la veille
- Arrêt du tabac au moins 2 heures avant
- Activité physique limitée au moins 2 heures avant
- Bain de bouche antiseptique avant la première mesure
- Rester éveillé pendant toute la durée du test
- Recueil des échantillons en fin d'expiration

plastiques étanches ou des seringues, puis 15 mL sont injectés dans l'appareil et transférés par une pompe vers la colonne de chromatographie qui assure la séparation des gaz. La figure 9-2 montre un chromatographe avec le sac étanche permettant le recueil de l'air expiré. Les appareils les plus récents donnent des résultats numérisés en quelques secondes et certains permettent de mesurer simultanément l'H_2, le CH_4 et le CO_2 sur un même échantillon d'air expiré. Des appareils portatifs sont également disponibles.

Réalisation de l'examen

La préparation du patient à l'examen est essentielle pour obtenir des résultats fiables. Ces recommandations sont résumées dans l'encadré 9-1. La consommation de glucides indigestibles (pâtes, pain, céréales) doit être évitée la nuit qui précède le test. Un repas sans résidu (par exemple à base de viande et de riz) est généralement proposé la veille et l'ingestion d'eau reste autorisée jusqu'au moment du test. Le respect de ces mesures garantit des concentrations basales d'H_2 proches de zéro. En revanche, toute consommation de résidus fermentescibles au cours du repas de la veille provoque une élévation des concentrations basales d'H_2 suivie d'une décroissance progressive qui complique l'interprétation. Le tabac, y compris le tabagisme passif autour du chromatographe, doit être évité au moins 2 heures avant le test, car la fumée de tabac contient de grandes quantités d'H_2 qui perturbent les mesures. Pendant le test, les malades doivent rester éveillés et limiter leur activité physique. En effet, l'exercice physique provoque une hyperventilation et réduit les concentrations d'H_2 expiré, alors que le sommeil augmente la production d'H_2 du fait de l'hypoventilation et d'une inhibition de la motricité intestinale qui limite la progression des substrats vers le côlon. Un bain de bouche avec un antiseptique est souhaitable avant le test pour éviter une augmentation prématurée des concentrations d'H_2 due à la fermentation du substrat par la flore buccale. La plupart des antibiotiques stérilisent le côlon et inhibent transitoirement la production d'H_2, mais certains antibiotiques, comme la néomycine, ont un effet inverse en limitant sélectivement les bactéries qui consomment de l'H_2. Les laxatifs, y compris les produits de préparation pour la coloscopie, perturbent les tests respiratoires en réduisant le temps de contact entre les substrats et la flore. Quand une maldigestion au lactose est recherchée, un régime sans lactose peut être utile la semaine précédant le test, car une adaptation de la flore exposée régulièrement au lactose diminuerait la production d'H_2. En pratique, les échantillons d'air sont recueillis en fin d'expiration

avant et toutes les 15 à 30 minutes après l'ingestion d'un substrat glucidique test dont le choix (lactose, glucose, lactulose, fructose) dépend de la pathologie recherchée.

Interprétation et valeurs normales

Normalement, les concentrations d'H_2 dans l'air expiré d'un sujet sain à jeun depuis 12 heures ne dépassent pas 10 ppm. Dans un travail mené chez 200 sujets sains, les concentrations moyennes des sujets à jeun étaient de 7,1 ± 5 ppm, ne dépassaient jamais 42 ppm et étaient supérieures à 30 ppm chez seulement 1 % des sujets [5]. En pratique, une augmentation des concentrations d'H_2 de 10 ppm par rapport aux valeurs basales et confirmée sur deux échantillons est considérée comme une réponse positive. Il est possible d'estimer la production totale d'H_2 dans le côlon par des méthodes de calcul de l'aire sous la courbe ou des valeurs nettes d'H_2 expirés qui ne tiennent pas compte de la production basale d'H_2. Ces méthodes sont surtout utilisées dans les études de recherche clinique et n'ont pas d'utilité clinique démontrée. La durée optimale des tests respiratoires à l'H_2 n'est pas clairement établie, certains auteurs estimant que des mesures prolongées pendant 8 heures améliorent la sensibilité du test en identifiant les malades avec un transit intestinal très lent. Des valeurs basales comprises entre 10 et 20 ppm, alors que la préparation à l'examen a été respectée, témoignent généralement de quantités résiduelles de fibres dans le côlon. Toute valeur basale supérieure à 20 ppm est considérée comme anormale et doit faire suspecter une mauvaise préparation, une pullulation microbienne intestinale ou un ralentissement du transit. En pratique, les substrats fermentescibles comme le lactulose génèrent des pics d'H_2 au-dessus de 20 ppm, 2 à 3 heures après leur ingestion. En revanche, les pics d'H_2 sont observés plus précocement (< 1 heure) et sont moins amples en cas de pullulation microbienne intestinale. Normalement, le lactulose produit quasi systématiquement un pic « colique », sauf quand la flore est altérée par des antibiotiques ou que le transit intestinal est très ralenti.

Indications

Le tableau 9-1 résume les différents substrats utilisables, avec leurs indications en gastro-entérologie, les modalités de réalisation et l'interprétation des résultats. Les pratiques diffèrent souvent d'un centre à l'autre, en particulier pour la définition des valeurs considérées comme anormales. La place des tests respiratoires à l'H_2 pour l'exploration des pathologies digestives est discutée ci-dessous.

Maldigestion du lactose

Le lactose est le disaccharide du lait digéré par la lactase au niveau de la bordure en brosse de l'intestin. La maldigestion du lactose correspond à l'hydrolyse incomplète du lactose en cas de déficit en lactase. Il s'agit le plus souvent d'un déficit acquis, car l'activité lactasique est présente dans les premières années de la vie et diminue avec l'âge. En cas de maldigestion, la progression du lactose dans le côlon augmente la sécrétion et la production de gaz, à l'origine des symptômes digestifs de l'intolérance au lait. La baisse de l'activité lactasique affecte environ 70 % de la population mondiale et les symptômes d'intolérance sont influencés par de nombreux facteurs d'ordre génétique et nutritionnel. En Europe, la prévalence du déficit en lactase est particulièrement élevée dans les régions du pourtour méditerranéen, en Italie du Sud et en Turquie. Le test respiratoire à l'H_2 est une méthode très utilisée en routine clinique pour le diagnostic de l'hypolactasémie [6]. L'H_2 est mesuré dans l'air expiré à intervalles réguliers (15–30 minutes) pendant 3–6 heures après une charge orale de 25–50 g de lactose dilués dans 100–500 mL d'eau. La sensibilité du test respiratoire à l'H_2 serait de 100 % en utilisant une dose de charge de 50 g de lactose. L'utilisation d'une dose de 50 g (environ 1 litre de lait) reste controversée, car elle est très supérieure à la quantité de lait ingérée quotidiennement chez le sujet sain. En revanche, il a été montré que des quantités inférieures à 25 g diminuent la sensibilité du test [7]. Quant à la durée du test, certains auteurs suggèrent qu'elle peut être limitée à 3 heures sans affecter significativement la sensibilité et la spécificité [8].

Tableau 9-1 Modalités de réalisation et interprétation des tests respiratoires à l'hydrogène en fonction du substrat dans les pathologies digestives.

Test	Dose de substrat	Intervalles de mesures	Interprétation
Lactose	25 g dans 250 mL d'eau	Ligne de base au 0 puis à 60, 120, 180 minutes ou obtention d'une augmentation de 20 ppm d'H_2 ou 12 ppm de CH_4 de plus que la mesure précédente	Positif : ↗ au moins 20 H_2 ou ↗ au moins 12 ppm CH_4 ou ↗ combinée H_2 et CH_4 d'au moins 15 ppm
Fructose	Sucrose : 2 g/kg dans 250 mL d'eau	Ligne de base au 0 puis 30, 60, 90, 120, 150, 180 minutes	Positif : ↗ au moins 20 ppm H_2
Pullulation microbienne	Lactulose : 10 g dans 250 mL d'eau ou 15 mL lactulose sirop	Ligne de base au 0 puis 15, 30, 45, 60, 90 minutes jusqu'à l'augmentation de 12 à 20 ppm d'H_2	Positif lactulose : 2 pics H_2 espacés de 60 minutes. Le 2e pic est plus large
	Glucose : 1 g/kg dans 250 mL d'eau		Positif glucose : ↗ de 12 ppm H_2
Temps de transit	Lactulose : 500 mg/kg ou 15 mL lactulose sirop	Ligne de base au 0 puis toutes les 10 minutes jusqu'à une augmentation de 3 ppm soutenue sur 3 mesures	Lactulose normal : 70 à 80 minutes
Sucrose	Sucrose : 2 g/kg dans 250 mL d'eau	Ligne de base au 0 puis toutes les 20 minutes pendant 3 heures	Positif : ↗ au moins 20 ppm H_2 ou ↗ au moins 12 ppm CH_4 or ↗ combinée H_2 et CH_4 d'au moins 15 ppm
Sorbitol	Sorbitol : 500 mg/kg dans 250 mL d'eau	Ligne de base au 0 puis toutes les 20 minutes pendant 3 heures	Positif en cas d'augmentation d'au moins 30 ppm d'H_2 avec des symptômes
d-Xylose	d-Xylose : 1 g/kg dans 250 mL d'eau	Ligne de base au 0 puis toutes les 20 minutes ou jusqu'à l'augmentation de 20 ppm d'H_2 ou de CH_4	

Des travaux récents ont également montré qu'un test simplifié avec seulement trois mesures (0, 120, 180 minutes ou 0, 120, 210 minutes) peut être effectué sans influencer significativement la sensibilité. Classiquement, une maldigestion du lactose est reconnue quand une augmentation de 10–20 ppm au-dessus des valeurs basales est constatée sur au moins deux prélèvements (figure 9-3). Le pic est le plus souvent identifié en 2 à 4 heures, mais parfois plus tôt, en particulier quand le transit est accéléré, qu'il existe une pullulation microbienne ou une production d'H_2 par la flore buccale. Plusieurs études ont montré que l'exposition régulière au lactose serait responsable d'une adaptation de la flore colique avec une moindre production d'H_2 et des symptômes moins sévères. Ce phénomène d'adaptation peut être responsable de faux négatifs du test chez les sujets intolérants au lactose et une éviction du lactose 2 semaines avant le test peut être utile pour améliorer la sensibilité des mesures. Certains auteurs ont suggéré que des changements spontanés du comportement alimentaire des malades peuvent expliquer ces faux négatifs. Il peut être utile, quand le chromatographe le permet, de mesurer les concentrations de CH_4 dans l'air expiré parallèlement à l'H_2. Les concentrations normales de CH_4 dans

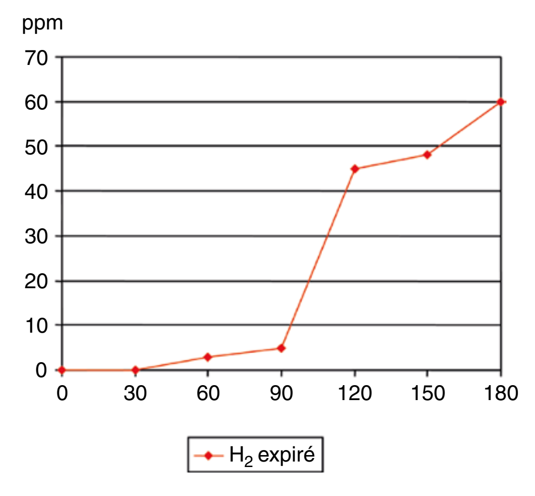


Fig. 9-3. Test à l'hydrogène réalisé avec 50 g de lactose. L'augmentation des taux d'hydrogène expiré traduit la maldigestion du lactose.

l'air expiré sont généralement inférieures à 7 ppm et une production anormale de CH_4 est envisagée quand les valeurs dépassent 12 ppm quelles que soient les valeurs d'H_2. En pratique, le degré de maldigestion au lactose serait plus précis quand les concentrations d'H_2 et de CH_4 sont mesurées simultanément.

Les symptômes de l'intolérance au lactose sont nombreux, associant la distension abdominale, les flatulences, les crampes et la diarrhée, parfois une constipation, voire des nausées et des vomissements. Les douleurs abdominales et le météorisme semblent avoir pour origine une production simultanée d'acides gras à courte chaîne, d'H_2 de CH_4 et de CO_2, qui ralentit le temps de transit intestinal et la pression intracolique. La diarrhée, quant à elle, serait induite par une acidification du contenu colique. Dans certains cas, les malades ont une constipation prédominante qui peut s'expliquer par une production préférentielle de CH_4. En effet, il a été montré, sur des modèles animaux, que l'instillation de CH_4 dans le tube digestif réduit de manière nette le nombre de complexes moteurs migrants. L'utilité des scores symptomatiques pendant le test respiratoire à l'H_2 reste controversée, car la relation entre la perception subjective de l'intolérance au lactose et la réalité de la maldigestion n'est pas claire. En effet, des doses de lactose élevées (240 mL) sont très bien tolérées chez certains malades qui ont une maldigestion avérée. Dans un travail du Groupe d'étude de l'intolérance au lactose, 63 % des sujets intolérants au lactose avaient un test respiratoire positif et seulement 16 % d'entre eux se plaignaient de symptômes après l'ingestion de 25 g de lactose (deux tasses de lait). Enfin, l'éviction du lait n'est pas toujours associée à une amélioration des symptômes d'intolérance.

De même, le lien entre la malabsorption du lactose et le syndrome de l'intestin irritable (SII) reste débattu. Le SII affecte 9 à 12 % de la population mondiale, les symptômes étant influencés par de nombreux facteurs nutritionnels comme la caféine ou les fibres alimentaires. Dans la plupart des études épidémiologiques, la prévalence de la maldigestion du lactose n'est pas plus élevée dans le SII que dans la population générale. Dans un travail mené chez 199 malades ayant un SII, 49 % s'estimaient intolérants au lait mais seulement 29 % avaient une maldigestion confirmée par un test respiratoire. Certains ont montré qu'un régime d'éviction du lactose améliorait les symptômes chez des malades atteints de SII mais, d'une manière générale, il semble qu'un régime d'éviction n'apporte pas de bénéfice symptomatique majeur au cours du SII. Dans un travail très récent, 45 % des malades avec SII avaient une maldigestion du lactose, mais seulement 30 % d'entre eux attribuaient leurs symptômes à la consommation de lait et 52 % étaient améliorés par un régime d'exclusion [9]. Au cours du SII, il est possible que la perception subjective de l'intolérance au lait soit favorisée par l'hypersensibilité viscérale et influencée par des facteurs psychologiques comme l'anxiété (données personnelles non publiées).

L'utilisation du lactose comme substrat pour identifier une pullulation microbienne n'est pas conseillée. En effet, l'interprétation du test devient délicate chez les malades ayant une maldigestion du lactose du fait de la production d'H_2 quand le sucre arrive dans le côlon. En général, le pic d'H_2 apparaît tardivement en cas de déficit en lactase (pic colique), alors qu'il est plus précoce et moins ample en cas de pullulation microbienne (pic intestinal).

Maldigestion du fructose et du sorbitol

La maldigestion du fructose est relativement rare dans la population générale. Elle se traduit le plus souvent par de la diarrhée et/ou un météorisme abdominal après l'ingestion de sucrose dont la présence dans les jus de fruits ou des aliments édulcorés est le plus souvent ignorée des malades. La capacité d'absorption du fructose est très variable, mais 30 à 80 % des sujets sains ont des tests respiratoires anormaux après l'ingestion d'une solution à 10 % amenant 50 g de fructose [10]. Comme le lactose, le fructose peut être utilisé comme substrat pour identifier une pullulation microbienne intestinale, avec les mêmes limites pour l'interprétation. L'évaluation de la maldigestion du fructose requiert l'ingestion de 25–50 g de fructose dissous dans 150–250 mL d'eau, la dose optimale n'étant

pas clairement démontrée. D'un point de vue clinique, la pertinence des tests respiratoires à l'H_2 pour identifier une maldigestion au fructose est débattue car la plupart des aliments contiennent également du glucose qui augmente l'absorption du fructose [10]. Le rôle de la maldigestion du fructose au cours du SII est controversé. Certains auteurs ont montré que sa prévalence au cours du SII était similaire à celle de la population générale mais quelques études ont souligné qu'elle était associée à des symptômes de SII plus sévères.

Le sorbitol est utilisé comme édulcorant dans l'alimentation, en particulier pour les diabétiques. Les malades ignorent le plus souvent sa consommation. En fait, environ 30 à 40 % de la population générale présenterait des symptômes digestifs après l'ingestion de 10 g de sorbitol, avec une diarrhée osmotique ou moins souvent un inconfort abdominal.

Pullulation microbienne intestinale

La pullulation microbienne intestinale correspond à l'augmentation anormale du nombre de bactéries présentes dans l'intestin grêle (> 10^5 cfu/mL de liquide intestinal). La présentation clinique de la pullulation microbienne intestinale est variée, incluant une diarrhée chronique non spécifique et/ou des ballonnements qui peuvent être associés à une stéatorrhée, une anémie macrocytaire par carence en folates, en vitamine B_{12}, et à la présence d'ulcérations intestinales. Une pullulation microbienne intestinale peut survenir dans les suites de perturbations de la sécrétion gastrique acide post-gastrectomie, d'un ralentissement du transit intestinal (diabète, sclérodermie, montages chirurgicaux), ou de la perte du frein iléal par la résection chirurgicale de la valvule iléocæcale. Environ la moitié des malades ayant une pancréatite chronique et une insuffisance pancréatique exocrine ont une pullulation microbienne intestinale le plus souvent dans les suites d'une chirurgie gastroduodénale ou de l'utilisation d'antalgiques opiacés. Il a également été montré que la pullulation microbienne participe au développement de la stéatorrhée chez plus de 32 % des malades ayant une mucoviscidose. La pullulation microbienne est aussi fréquemment observée en cas d'achlorhydrie, en particulier chez les sujets âgés, ou dans les suites d'une prise prolongée d'inhibiteurs de la sécrétion gastrique acide. Chez les sujets ayant une maladie de Crohn avec un test respiratoire positif, les antibiotiques peuvent parfois améliorer les symptômes avec une baisse simultanée des concentrations d'H_2.

En fait, seules les bactéries à Gram négatif et les entérocoques, qui sont capables de déconjuguer les sels biliaires et de limiter l'absorption intestinale, peuvent provoquer des symptômes. En pratique clinique, le glucose ou le lactulose sont utilisés comme substrat au cours des tests respiratoires à l'H_2 pour identifier une pullulation microbienne intestinale. Les doses de glucose sont comprises entre 50 et 75 g dissous dans de l'eau, alors que la dose de lactulose est habituellement de 10 g. Les échantillons d'air expiré sont prélevés toutes les 15 minutes pendant 3 heures. Le glucose reste néanmoins le substrat idéal pour identifier une pullulation microbienne intestinale. En effet, le glucose est très rapidement absorbé dans l'intestin proximal, même quand le transit est accéléré par exemple chez des malades ayant un antécédent de gastrectomie. L'avantage du glucose réside dans la facilité d'interprétation du test, tout pic d'H_2 étant considéré comme anormal. Le test est reconnu positif quand l'augmentation des concentrations d'H_2 dans l'air expiré dépasse 10–20 ppm (figure 9-4). Là encore, des valeurs basales élevées peuvent être observées alors que la préparation a été respectée, en cas de transit ralenti qui favorise la persistance de résidus dans le côlon [11]. En utilisant le lactulose, le test respiratoire à l'H_2 est considéré comme positif quand un premier pic d'H_2 supérieur à 20 ppm précède d'au moins 15 minutes celui qui correspond à l'activation des fermentations coliques. Toutefois, l'origine des pics d'H_2 (intestinal ou colique) est parfois difficile à distinguer, le lactulose pouvant produire deux pics coliques, à l'origine de faux positifs, le premier correspondant à une arrivée brutale de substrat dans le cæcum. De plus, 27 % des sujets sains n'ont pas de pic colique après l'ingestion de lactulose, en particulier quand le pH colique est altéré, que le transit est ralenti ou qu'il existe une production préférentielle de CH_4. Dans ces conditions, la sensibilité et la spécificité du test respiratoire à l'H_2 pour confirmer une pullulation microbienne atteignent respectivement 68 et 44 % avec le lactulose et 62 et 83 % avec le glucose [11].

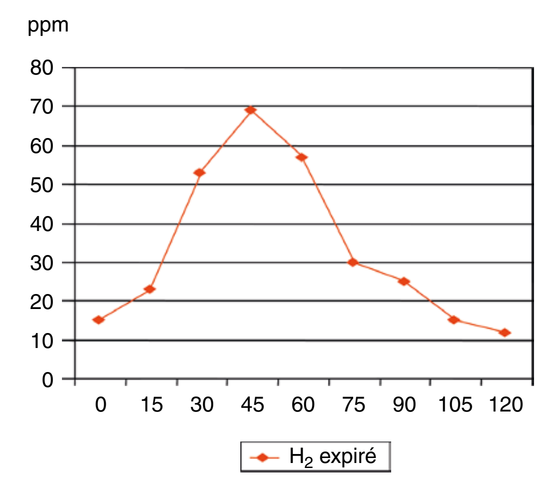


Fig. 9-4. Test à l'hydrogène réalisé avec 50 g de glucose.
L'augmentation des taux d'hydrogène expiré indique la présence d'une pullulation microbienne intestinale.

Le rôle de la pullulation microbienne intestinale dans le SII est controversé. Certaines études ont montré que la prévalence de la pullulation microbienne était élevée au cours du SII, mais les facteurs anatomiques favorisants comme les dilatations et les diverticules de l'intestin ou les antécédents de résection chirurgicale sont le plus souvent absents chez les malades atteints de SII. Certains travaux suggèrent que les perturbations de la motricité intestinale qui sont souvent associées au SII, comme une réduction du nombre et de la durée des complexes moteurs migrants, peuvent intervenir dans le développement de la pullulation au cours du SII. La production accrue/préférentielle de CH_4 peut également expliquer la constipation prédominante chez certains malades ayant un SII. Au cours du SII, l'existence d'une pullulation microbienne intestinale peut fausser (faux positifs) l'interprétation des tests respiratoires au lactose, fructose et sorbitol, et leur maldigestion ne doit théoriquement être recherchée qu'après avoir éliminé une pullulation microbienne [3].

Mesure du temps de transit orocæcal

Les tests respiratoires à l'H_2 ont été adaptés pour évaluer le temps de transit intestinal avec une performance similaire aux méthodes de référence qui utilisent des marqueurs radio-opaques ou isotopiques. Les échantillons d'air expiré sont prélevés toutes les 10 minutes, une demi-heure après l'ingestion d'une solution de 10 g de lactulose. Le délai entre l'ingestion du substrat et la constatation d'une augmentation de 3 ppm au-dessus des valeurs basales, confirmée sur plusieurs prélèvements, correspond au temps de transit orocæcal. Le temps de transit normal est d'environ 75 minutes avec des variations entre 60 et 120 minutes. Des doses de lactulose plus élevées ne sont pas recommandées car l'importance de l'effet osmotique accélère la motricité digestive. La reproductibilité du test peut être affectée par la nature du repas test, les solides perturbant la vidange gastrique. Le temps de transit peut être faussement accéléré par l'existence d'une pullulation microbienne intestinale, avec un premier pic suivi d'une normalisation des concentrations et l'apparition d'un second pic lorsqu'une partie du lactulose parvient au niveau du cæcum. Enfin, l'absence de production d'H_2 dans l'air expiré au-delà de 5 heures peut être observée chez les méthanoproducteurs.

Conclusion

Le test respiratoire à l'H_2 constitue une méthode diagnostique utile, simple et peu coûteuse pour de nombreuses affections digestives. Son principe repose sur la physiologie de la progression des gaz dans le tube digestif et l'action des bactéries sur les glucides indigestibles. La préparation du malade est un pré-requis indispensable à la fiabilité des mesures. Bien que la performance du test respiratoire à l'H_2 soit excellente, ces examens d'explorations fonctionnelles digestives restent encore largement sous-utilisés.

Références

[1] Levitt MD. Production and excretion of hydrogen gas in man. N Engl J Med 1969 ; 281 : 122–7.
[2] Rumessen JJ, Gudmand-Hayer E. Functional bowel disease : malabsorption and abdominal distress after ingestion of fructose, sorbitol, and fructose-sorbitol mixtures. Gastroenterology 1988 ; 95 : 694–700.
[3] Nucera G, Gabrielli M, Lupascu A, Lauritano EC, Santoliquido A, Cremonini F, Cammarota G, Tondi P,

Pola P, Gasbarrini G, Gasbarrini A. Abnormal breath tests to lactose, fructose and sorbitol in irritable bowel syndrome may be explained by small intestinal bacterial overgrowth. Aliment Pharmacol Ther 2005 ; 21 : 1391–5.

[4] Hirota N, Sone Y, Tokura H. Effect of post-prandial posture on orocecal transit time and digestion of milk lactose in humans. J Physiol Anthropol Appl Human Sci 2004 ; 23 : 75–80.

[5] Perman JA, Modler S, Barr RG, Rosenthal P. Fasting breath hydrogen concentration : normal values and clinical application. Gastroenterology 1984 ; 87 : 1358–63.

[6] Shaw AD, Davies GJ. Lactose intolerance : problems in diagnosis and treatment. J Clin Gastroenterol 1999 ; 28 : 208–16.

[7] Rana S, Bhasin DK, Gupta D, Mehta SK. Assessment of optimal dose of lactose for lactose hydrogen breath test in Indian adults. Indian J Gastroenterol 1995 ; 14 : 13–4.

[8] Casellas F, Malagelada JR. Applicability of short hydrogen breath test for screening of lactose malabsorption. Dig Dis Sci 2003 ; 48 : 1333–8.

[9] Alpers DH. Diet and irritable bowel syndrome. Curr Opin Gastroenterol 2006 ; 22 : 136–9.

[10] Truswell AS, seach JM, Thorburn AW. Incomplete absorption of pure fructose in healthy subjects and the facilitating effect of glucose. Am J clin Nutr 1988 ; 48 : 1424–30.

[11] Corazza G, Sorge M, Strocchi A, Gasbarrini G. Glucose-H2 breath test for small intestine bacterial overgrowth. Gastroenterology 1990 ; 98 : 253–4.

Chapitre 10

Explorations de la motricité colique

P. Jouët

Temps de transit colique

Différentes méthodes ont été utilisées pour mesurer le temps de transit colique. La plus simple est celle du temps de transit aux marqueurs radio-opaques, habituellement utilisée en pratique courante et réalisée chez les patients souffrant de constipation chronique. Cette technique de mesure du transit colique n'est pas adaptée pour l'exploration de malades ayant une accélération du transit. L'étude du temps de transit colique aux isotopes est plus précise que la mesure du transit colique par marqueurs radio-opaques, mais si elle a été utilisée dans des études de recherche clinique, elle n'est pas disponible pour les patients.

Principes de la technique

L'étude du temps de transit colique total et segmentaire se fait habituellement à l'aide de marqueurs radio-opaques. La méthode consiste à faire ingérer au malade des marqueurs radio-opaques (n = 20) pendant 3 jours consécutifs. Des radiographies d'abdomen sans préparation sont réalisées à J4, J7 et J10, s'il reste des marqueurs sur la radiographie à J7 [1]. Le transit colique total et segmentaire est calculé en tenant compte du nombre de marqueurs présents dans un des trois secteurs coliques délimités à l'aide de repères osseux. Une méthode simplifiée peut être utilisée, avec la réalisation d'une seule radiographie d'abdomen à J7 [2]. L'analyse du transit segmentaire est moins précise que lors de l'étude isotopique du transit colique, qui prend des mesures répétées, mais reste néanmoins suffisamment fiable pour être utilisée en pratique courante.

Matériel

Les marqueurs radio-opaques peuvent être commandés auprès de la société Marquat Génie Biomédical, le kit de marqueurs radio-opaques Transi-kit® (laboratoire Mayoly Spindler) n'étant plus commercialisé depuis août 2008. Avec la méthode simplifiée, le patient doit ingérer 10 marqueurs radio-opaques par jour pendant 6 jours et réaliser un abdomen sans préparation au 7e jour. En cas de constipation sévère, il est préférable de réaliser, la veille de l'ingestion des marqueurs, un lavement au Normacol® pour évacuer un éventuel fécalome. La répartition colique des marqueurs sur l'abdomen sans préparation est analysée à l'aide de repères osseux schématisés sur la figure 10-1. Les marqueurs sont considérés comme étant :

- dans le côlon droit lorsqu'ils sont à droite de la colonne vertébrale et au-dessus d'une ligne imaginaire entre la 5e vertèbre lombaire et le détroit inférieur ;
- dans le côlon gauche lorsqu'ils sont à gauche de la colonne vertébrale et au-dessus d'une ligne imaginaire entre la 5e vertèbre lombaire et la crête iliaque antérosupérieure gauche ;
- dans le rectosigmoïde lorsqu'ils sont au-dessous d'une ligne entre le bord du pelvis à droite et la crête iliaque supérieur à gauche [3].

Les Explorations fonctionnelles digestives

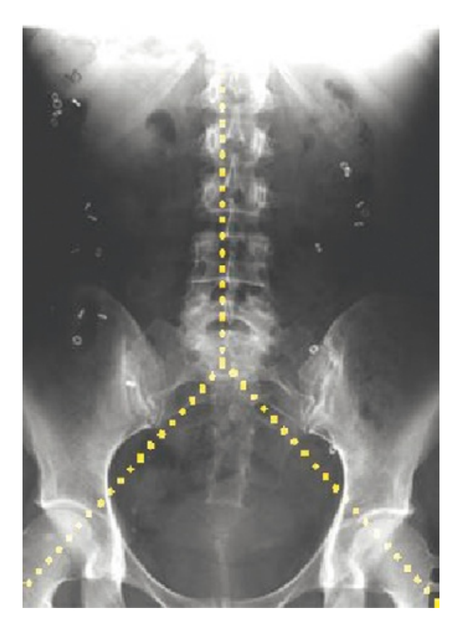


Fig. 10-1. Représentation schématique des repères osseux permettant l'analyse des marqueurs radio-opaques.



Fig. 10-2. Abdomen sans préparation effectué 7 jours après l'ingestion de capsules montrant la persistance au niveau du cadre colique d'un grand nombre de marqueurs radio-opaques.
N = 52 ; soit un temps de transit colique total de 52 × 2,4 = 124,8 heures.

Le temps de transit colique (TTC) en heure, total ou segmentaire dans chaque zone, est égal au nombre (N) de marqueurs total ou de chaque zone multiplié par le coefficient 2,4 (TTC = 2,4 N). La figure 10-2 montre un exemple d'abdomen sans préparation après ingestion de marqueurs radio-opaques.

Valeurs normales

Le tableau 10-1 rapporte les valeurs normales du temps de transit colique total et segmentaire obtenu avec cette méthode chez le sujet sain en fonction du sexe dans une étude portant sur 82 témoins sans trouble du transit [2].

Pathologie

Un ralentissement du temps de transit colique peut être la conséquence d'une altération de la motricité colique et/ou de troubles de la défécation [1]. Cet examen permet, en cas de constipation résistante aux traitements laxatifs usuels, de confirmer qu'il existe un ralentissement important du temps de transit colique et de déterminer si ce ralentissement est global ou segmentaire. En cas de constipation sévère, le temps de transit colique est en général très long, de l'ordre de 70 heures au moins.

Indications

Une mesure objective du temps de transit colique est indiquée chez les malades présentant une consti-

Tableau 10-1 Valeurs normales du temps de transit colique total et segmentaire.

TTC en moyenne (95e percentile)	Côlon droit (h)	Côlon gauche (h)	Rectosigmoïde (h)	Total (h)
Hommes	6,7 (19,2)	7,8 (16)	8,2 (21,4)	24,6 (76,8)
Femmes	9,7 (21,6)	20,8 (48)	16,9 (38,4)	46,7 (91,2)

pation chronique rebelle à un traitement laxatif bien pris, après avoir éliminé une cause obstructive par la coloscopie. Cette évaluation doit dans tous les cas être effectuée en première intention, avant la réalisation d'une éventuelle manométrie colique, et doit être systématique lorsqu'une colectomie est envisagée dans le traitement d'une constipation sévère afin d'en avoir une évaluation objective [4].

Manométrie colique

Le côlon humain a pour principales propriétés physiologiques des capacités d'absorption, de fermentation, de propulsion du contenu intraluminal, de stockage et d'expulsion des fèces. Cela nécessite dans cet organe des fonctions motrices différentes de celles des autres segments digestifs afin de permettre une progression lente du contenu colique en plusieurs dizaines d'heures ou en plusieurs jours. De ce fait, l'étude de la motricité colique implique la réalisation d'enregistrements prolongés, si possible sur 24 heures. Cette contrainte ainsi que la difficulté d'accéder au côlon expliquent le fait que l'évaluation de la motricité colique est rarement réalisée en pratique clinique, alors que les troubles fonctionnels d'origine colique sont fréquents. La motricité colique peut être étudiée de différentes façons selon que l'on souhaite enregistrer l'activité motrice myoélectrique, l'activité phasique ou tonique, ou les mouvements du contenu intraluminal colique. Parmi les différentes techniques proposées, la plus diffusée est la manométrie colique.

La manométrie colique est le plus souvent réalisée après mise en place d'une sonde dans le côlon à l'aide d'un coloscope ; le cathéter est ensuite connecté à un système d'enregistrement permettant la détection des pressions intraluminales coliques sur plusieurs heures et l'enregistrement des variations de la motricité colique lors du repas, du sommeil ou après administration de certains médicaments.

Matériel

La sonde peut être constituée de cathéters classiques connectés à un système de perfusion ou de cathéters solides.

Réalisation de l'examen

La manométrie nécessite une préparation colique préalable, l'administration éventuelle d'une prémédication et la réalisation d'une coloscopie avec insufflation d'air. Cette méthode ne permet en général d'enregistrer que les contractions du côlon distal (côlon gauche et rectosigmoïde). La nécessité d'une préparation colique préalable ou l'insufflation d'air ne semblent que peu modifier l'activité motrice phasique du côlon [5]. Le côlon droit étant d'accès plus difficile, son activité motrice est plus rarement enregistrée. Des études ont été réalisées à l'aide de sondes de manométrie mises en place par voie nasale chez des volontaires. Par ailleurs, il est possible de réaliser des enregistrements manométriques de la motricité du côlon sur 24 heures en ambulatoire lorsqu'on dispose de sondes avec des électrodes mises en place lors d'une coloscopie et d'un système d'enregistrement portatif [6].

Interprétation de l'examen

On distingue deux types d'activité motrice phasique dans le côlon, l'activité de type segmentaire (contractions isolées, groupe de contractions rythmiques ou non rythmiques) et l'activité propagée de faible ou de grande amplitude. L'activité motrice colique est principalement une activité de type segmentaire, avec des contractions d'une amplitude de 5 à 50 mmHg, et occasionnellement des contractions de plus grande amplitude. Les contractions sont isolées ou regroupées et, dans ce cas, elles sont le plus souvent arythmiques. Rarement elles sont rythmiques (trois cycles/min), préférentiellement dans le côlon distal. Cette activité segmentaire permet la propulsion distale et lente du bolus fécal par le moyen d'un gradient de pression. Elle permet aussi l'absorption de l'eau, des électrolytes et des produits de la fermentation bactérienne colique. L'activité propagée de faible amplitude (< 50 mmHg) est relativement fréquente (en moyenne plus de 100 événements par jour) et a probablement pour fonction principale le transport du contenu colique liquidien, ainsi que le transport des gaz. L'autre type d'activité propagée est une activité de grande

amplitude ou HAPC (> 100 mmHg) apparaissant rarement, en moyenne six fois par jour, responsable de « mouvements de masse » pouvant propulser une grande quantité du bolus fécal vers la partie distale du côlon (figure 10-3). Ces contractions peuvent précéder la défécation.

À la différence du tube digestif haut, la motricité du côlon chez l'homme n'est pas organisée de façon cyclique. Il existe cependant des variations circadiennes, l'activité motrice du côlon étant plus importante dans la journée, après le réveil du matin et après les repas. À l'inverse, l'activité motrice colique est ralentie lors du sommeil. L'ingestion d'un repas est un stimulus physiologique majeur de l'activité motrice colique, avec une augmentation pendant au moins 2 heures de l'ensemble de la motricité dès le début de l'ingestion des aliments. Cette réponse est essentiellement constituée de contractions segmentaires. La réponse colique au repas a une composante cérébrale et gastrique, car elle est produite à la fois par le *sham feeding* et par la distension gastrique. La composition du repas influence cette réponse, la réponse à l'ingestion d'hydrates de carbone étant plus courte que celle à l'ingestion d'un repas riche en graisses [7]. Certains médicaments ont des effets sur la motricité colique chez l'homme. Ainsi, l'injection d'octréotide, analogue de la somatostatine, augmente l'activité phasique motrice dans le côlon descendant et le rectum [8]. De même, l'instillation intracolique de bisacodyl stimule la motricité colique [9].

Pathologie

Constipation

Les études de la motricité colique en cas de constipation montrent une diminution générale de motricité colique et une altération de la réponse à la stimulation cholinergique. L'activité segmentaire contractile est réduite de moitié. L'activité propagée de faible amplitude peut être préservée chez ces patients, mais l'activité propagée de haute amplitude est anormale, les contractions de type

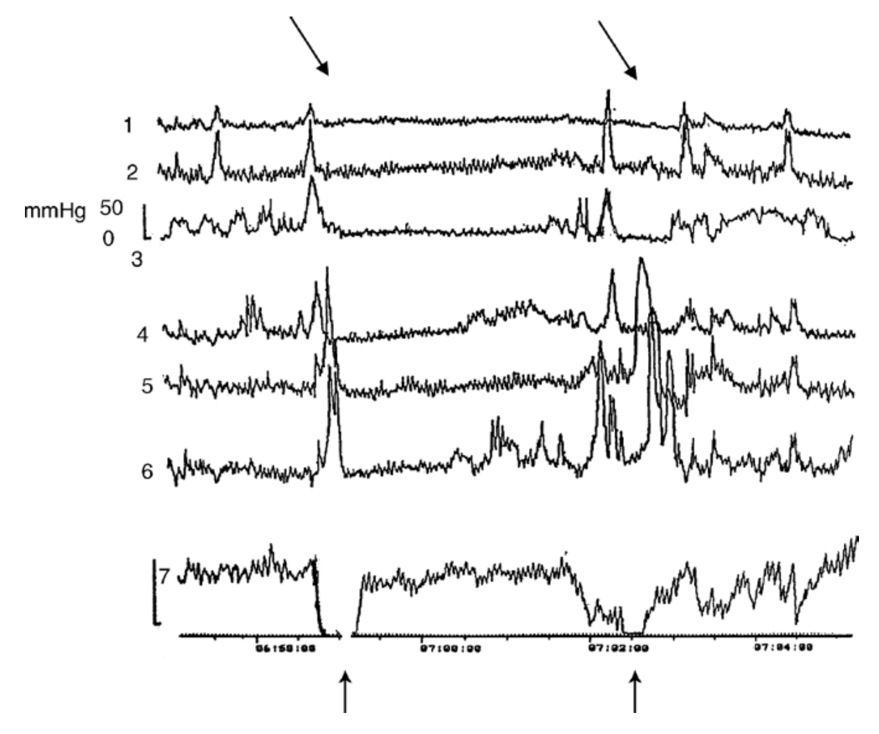


Fig. 10-3. Exemple d'enregistrement de la motricité colique phasique par manométrie comportant deux contractions propagées de grande amplitude (HAPC) indiquées par les flèches.

HAPC étant soit absentes, soit diminuées en nombre, en amplitude et en durée [10]. En cas d'inertie colique, on note une disparition complète des HAPCs et quasi complète de l'activité segmentaire contractile. Le rythme circadien peut être préservé. Par contre, la réponse contractile colique au repas est presque toujours anormale chez les patients ayant une constipation, avec une altération aussi bien de l'activité post-prandiale segmentaire que propagée. Les enregistrements manométriques sur 24 heures réalisés chez des patients ayant une constipation sévère et comparés à des sujets sains ont également trouvé une diminution globale de la motricité colique mais avec la persistance de variations diurnes de l'activité motrice [11]. L'instillation colique de 10 mg de bisacodyl n'est que très rarement discriminante, car elle produit en général des contractions propagées de grande amplitude même chez les patients ayant des anomalies sévères de la motricité colique [9].

Diarrhée

Les patients ayant une diarrhée fonctionnelle ou dans un contexte de dysautonomie présentent dans le côlon gauche une diminution de l'activité colique post-prandiale non propagée et une augmentation du nombre de contractions propagées à jeun et en situation post-prandiale [12]. Certaines études n'ont pas trouvé de différence par rapport aux sujets sains, mais ces résultats négatifs peuvent être dus à un nombre trop limité de patients dans les études.

Syndrome de l'intestin irritable

Les études de motricité colique chez les patients souffrant du syndrome de l'intestin irritable sont le plus souvent discordantes, montrant aussi bien une activité motrice colique basale augmentée, diminuée ou proche de celle de sujets sains. Cependant l'étude des anomalies de la motricité colique nécessite probablement une analyse en sous-groupe de patients en fonction de leurs symptômes prédominants. Ainsi, les patients diarrhéiques semblent avoir une activité contractile en situation basale plus importante que les patients constipés [13], avec une réponse au repas similaire mais une exacerbation de la réponse motrice à la distension colique en comparaison aux sujets sains.

Inflammation colique

Dans une étude comparant la motricité colique de 13 patients suivis pour rectocolite hémorragique (active dans 11 cas), l'activité motrice colique était identique (côlon sigmoïde et partie distale du côlon gauche) ou augmentée (partie proximale du côlon gauche) à jeun en comparaison à des sujets sains (n = 30), alors que la réponse motrice phasique au repas était identique entre les deux groupes [14]. Bassotti *et al.* [15] ont trouvé une augmentation des contractions propagées de grande et de faible amplitude dans une étude sur sept patients suivis pour rectocolite hémorragique active.

Indications

La manométrie est un examen contraignant et invasif pour les patients puisqu'elle nécessite la mise en place d'une sonde par voie endoscopique. De plus, ses implications cliniques sont le plus souvent limitées. Enfin, il existe très peu de centres susceptibles de réaliser cet examen. De ce fait, les indications de la manométrie colique en pratique clinique se limitent actuellement aux cas de constipation sévère confirmés par un temps de transit colique aux marqueurs radio-opaques très allongé et lorsqu'un traitement chirurgical par colectomie est envisagé. La persistance d'une motricité colique avec réponse au repas permet d'exclure une inertie colique et incite plutôt à un traitement médical conservateur [16]. La réponse au bisacodyl n'est éventuellement utile que si la manométrie colique est très anormale. La manométrie colique ambulatoire est une technique intéressante car donnant des informations probablement plus proches de la réalité compte tenu des conditions d'enregistrement.

Conclusion

Les explorations de la fonction motrice colique se limitent le plus souvent à la réalisation d'un temps

de transit aux marqueurs radio-opaques en cas de constipation fonctionnelle résistant aux traitements laxatifs habituels. La manométrie colique n'est disponible que dans très peu de centres spécialisés et son indication est limitée aux patients ayant une constipation très sévère lorsqu'une intervention chirurgicale est discutée.

Références

[1] Chaussade S, Khyari A, Roche H, Garret M, Gaudric M, Couturier D et al. Determination of total and segmental colonic transit time in constipated patients. Results in 91 patients with a new simplified method. Dig Dis Sci 1989 ; 34 : 1168–72.

[2] Danquechin DE, Barbieux JP, Picon L, Alison D, Codjovi P, Rouleau P. Simplified measurement of colonic transit time by one radiography of the abdomen and a single type of marker. Normal values in 82 volunteers related to the sexes. Gastroenterol Clin Biol 1994 ; 18 : 141–4.

[3] Arhan P, Devroede G, Jehannin B, Lanza M, Faverdin C, Dornic C et al. Segmental colonic transit time. Dis Colon Rectum 1981 ; 24 : 625–9.

[4] Pemberton JH, Rath DM, Ilstrup DM. Evaluation and surgical treatment of severe chronic constipation. Ann Surg 1991 ; 214 : 403–11.

[5] Lemann M, Flourie B, Picon L, Coffin B, Jian R, Rambaud JC. Motor activity recorded in the unprepared colon of healthy humans. Gut 1995 ; 37 : 649–53.

[6] Bassotti G, Crowell MD, Whitehead WE. Contractile activity of the human colon: lessons from 24 hour studies. Gut 1993 ; 34 : 129–33.

[7] Jouët P, Coffin B, Cuillerier E, Soule JC, Flourie B, Lemann M. Colonic motility in humans. Recent physiological, pathophysiological and pharmacological data. Gastroenterol Clin Biol 2000 ; 24 : 284–98.

[8] Von der Ohe MR, Camilleri M, Thomforde GM, Klee GG. Differential regional effects of octreotide on human gastrointestinal motor function. Gut 1995 ; 36 : 743–8.

[9] Herve S, Savoye G, Behbahani A, Leroi AM, Denis P, Ducrotte P. Results of 24-h manometric recording of colonic motor activity with endoluminal instillation of bisacodyl in patients with severe chronic slow transit constipation. Neurogastroenterol Motil 2004 ; 16 : 397–402.

[10] Bassotti G, Chiarioni G, Vantini I, Betti C, Fusaro C, Pelli MA et al. Anorectal manometric abnormalities and colonic propulsive impairment in patients with severe chronic idiopathic constipation. Dig Dis Sci 1994 ; 39 : 1558–64.

[11] Rao SS, Sadeghi P, Beaty J, Kavlock R. Ambulatory 24-hour colonic manometry in slow-transit constipation. Am J Gastroenterol 2004 ; 99 : 2405–16.

[12] Choi MG, Camilleri M, O'Brien MD, Kammer PP, Hanson RB. A pilot study of motility and tone of the left colon in patients with diarrhea due to functional disorders and dysautonomia. Am J Gastroenterol 1997 ; 92 : 297–302.

[13] Kanazawa M, Palsson OS, Thiwan SI, Turner MJ, van Tilburg MA, Gangarosa LM et al. Contributions of pain sensitivity and colonic motility to IBS symptom severity and predominant bowel habits. Am J Gastroenterol 2008 ; 103 :2550–61.

[14] Coulie B, Camilleri M, Bharucha AE, Sandborn WJ, Burton D. Colonic motility in chronic ulcerative proctosigmoiditis and the effects of nicotine on colonic motility in patients and healthy subjects. Aliment Pharmacol Ther 2001 ; 15 : 653–63.

[15] Bassotti G, de Roberto G, Chistolini F, Sietchiping-Nzepa F, Morelli O, Morelli A. Twenty-four-hour manometric study of colonic propulsive activity in patients with diarrhea due to inflammatory (ulcerative colitis) and non-inflammatory (irritable bowel syndrome) conditions. Int J Colorectal Dis 2004 ; 19 : 493–7.

[16] Snape WJ Jr. Role of colonic motility in guiding therapy in patients with constipation. Dig Dis 1997 ; 15 Suppl 1 : 104–11.

Chapitre 11

Barostat électronique

J.-M. Sabaté, B. Coffin

Le barostat électronique est une technique mise au point à la fin des années 1980 par l'équipe de Fernando Azpiroz et Juan Ramon Malagelada à Barcelone [1]. Initialement, le barostat a été développé pour mesurer les variations de tonus du tube digestif, c'est-à-dire des variations lentes et prolongées (contraction et relaxation) des cellules musculaires digestives, ignorées par les techniques de manométrie par cathéters perfusés. Dans un second temps, cette technique s'est rapidement imposée comme l'outil indispensable pour réaliser des distensions standardisées du tube digestif.

Principes de la technique

Un ballonnet, dont la taille et le volume sont adaptés à l'organe exploré, est placé dans le tube digestif. Il est relié par une ou deux tubulures au barostat qui maintient une pression constante à l'intérieur du ballonnet en insufflant ou aspirant de l'air (figure 11-1). Ainsi, si l'organe se contracte, le barostat aspire de l'air pour maintenir la pression constante ; à l'inverse, une relaxation de l'organe se traduit par une augmentation de volume du ballon. Les variations du volume sont le reflet des variations du tonus digestif.

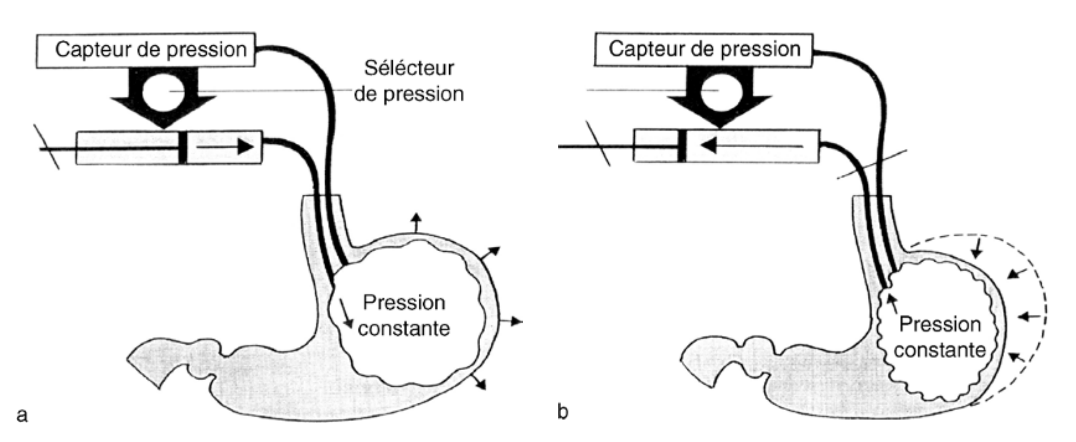


Fig. 11-1. Barostat électronique.
Principe de fonctionnement du barostat électronique : a. lorsque le tube digestif se contracte, la pression étant maintenue constante dans le ballonnet par le système électronique, le système aspire de l'air. b. À l'inverse, lorsque le tube digestif se relâche, le système injecte de l'air.
Ces variations du volume enregistré sont le reflet des variations du tonus digestif : une diminution du volume correspondant à une contraction tonique et inversement une augmentation du volume correspondant à une relaxation tonique.

La technique du barostat était initialement limitée à quelques centres de recherche aux États-Unis et en Espagne. À l'initiative du Club français de motricité digestive (devenu Groupe français de neuro-gastro-entérologie en 2008), la station pharmacologique de l'INRA de Toulouse a développé un barostat électronique, permettant de réaliser des distensions programmées, standardisées, parfaitement adaptées à la mesure des seuils de sensation [2].

Matériel

Barostat « modèle INRA »

Le barostat comprend une pompe avec un soufflet commandé par un moteur pour insufflation et exsufflation de l'air (figure 11-2). Différentes tailles de soufflet peuvent être utilisées suivant le volume de l'organe à étudier. Il existe deux sorties, une connectée à la pompe permettant l'insufflation ou l'exsufflation de l'air, l'autre reliée à un capteur de pression qui maintient la pression constante à un niveau déterminé (mesure de pression dans la gamme 0–80 mmHg). Le barostat est piloté par une carte électronique interne (32 Kbytes ROM, 32 Kbytes RAM), qui est commandée depuis un clavier et une zone d'affichage à cristaux liquides. Sur ce modèle existe aussi un bouton d'arrêt d'urgence qui permet l'exsufflation rapide du contenu du ballon et la suspension de tous les ordres de commande programmés. Le barostat peut être relié à un enregistreur papier ou, le plus souvent, à un ordinateur pour l'enregistrement des données de pression et de volume.



Fig. 11-2. Barostat modèle « INRA ».

Barostat « modèle canadien »

Ce barostat a été développé plus récemment par la firme G & J Electronics (Toronto, Ontario, Canada figure 11-3). Le Distender series II® peut être commandé par un boîtier externe ou par un ordinateur ; il comprend un boîtier avec clavier numérique et voyant lumineux qui sert à la communication des seuils de sensation entre le sujet et le médecin qui réalise le test. Pour ce modèle, un logiciel est fourni avec le barostat où figure également différents types de protocoles de distensions pré-enregistrées pour faciliter la tâche de l'utilisateur.

Réalisation de l'examen

Le ballon connecté au barostat doit être un ballon de compliance infinie (sans aucune résistance propre jusqu'à atteindre le volume maximal du ballon) ; il est le plus souvent de confection artisanale, réalisé en polyvinyle, de forme sphérique et son volume dépend de l'organe étudié. Le dispositif de connexion entre le ballon et le barostat est également le plus souvent de réalisation artisanale en utilisant une sonde gastrique modifiée, la voie servant à la mesure de la pression devant être distincte de celle servant à l'insufflation ou à l'exsufflation. La position du sujet varie en fonction de



Fig. 11-3. Barostat modèle Distender series II®.

l'organe étudié, de manière à avoir la plus grande surface de contact entre le ballon et la paroi digestive. La position semi-assise inclinée à 40° est utilisée pour l'étude de l'estomac, et le décubitus dorsal ou latéral pour l'étude du rectum.

En général, il est recommandé d'utiliser le barostat sur un segment de tube digestif vide de son contenu pour ne pas perturber la mesure de l'activité tonique (côlon, rectum, estomac). Pour les études du tube digestif haut, un jeûne d'une nuit suffit chez les sujets sains et chez la majorité des patients. Pour les études réalisées au niveau du côlon ou du rectum, une préparation est nécessaire, variable selon le placement souhaité du ballon (préparation colique par PEG pour étude du côlon proximal, lavement à l'eau pour étude du côlon distal ou du rectum). À titre d'exemple, pour la réalisation de distensions rectales, nous utilisons des ballons sphériques de 600 mL, les volontaires sains ou les patients sont installés en décubitus latéral gauche pendant toute la séance expérimentale. Le ballon est introduit dégonflé avec ou sans l'aide d'un fil guide semi-rigide. Une fois en place, la sonde est fixée à la peau avec du sparadrap. Le ballon est ensuite lentement déplié en utilisant une pression < 20 mmHg. Un temps d'attente est conseillé avant d'entreprendre l'étude du tonus digestif ou la détermination des seuils de sensation.

Mesure du tonus digestif

La première étape de la mesure du tonus digestif consiste à choisir la pression opératoire qui est maintenue constante tout le long de l'examen. Deux options sont possibles. La première consiste à déterminer la pression minimale de distension en augmentant progressivement la pression imposée jusqu'à enregistrer des variations de volume en rapport avec la respiration. Dans un second temps, la pression retenue durant le temps expérimental se situe environ 2 mmHg au-dessus de cette pression minimale de distension. L'intérêt de cette méthode est d'adapter la pression opératoire à la morphologie du sujet, notamment chez ceux ayant une augmentation de la pression intra-abdominale liée à une surcharge pondérale. Les résultats sont donnés en valeur moyenne pour le groupe. l'autre option est de retenir une valeur de pression opératoire *a priori*, identique pour tous les sujets et qui évite le collapsus du ballon. Les valeurs usuelles sont aux alentours de 10–12 mmHg au niveau du côlon, plus basses au niveau gastrique (6–8 mmHg). Ensuite, l'enregistrement du volume du ballon doit se poursuivre pendant au moins 15 minutes. En général, l'enregistrement débute chez un sujet à jeun et se poursuit souvent par l'étude de l'effet du repas ou d'autres facteurs. Par exemple, le barostat permet d'évaluer la relaxation adaptative de l'estomac proximal en réponse à un repas qui se traduit par l'augmentation de volume du ballon intragastrique (figure 11-4).

Étude des seuils de sensation

Deux types de distensions peuvent être réalisés, des distensions à volume imposé ou « isovolumiques » et des distensions à pression imposée ou « isobariques ». Sur un plan théorique, ces deux types de distensions ne stimulent probablement pas le même type de mécanorécepteurs comme cela a été montré au niveau de l'estomac [3]. Les distensions isovolumiques stimulent préférentiellement les mécanorécepteurs sensibles à l'élongation, alors que les distensions isobariques stimulent préférentiellement ceux sensibles à la tension. Au niveau gastrique, il est probable que la majorité des symptômes au cours des pathologies fonctionnelles soit liée à la stimulation de ces derniers comme

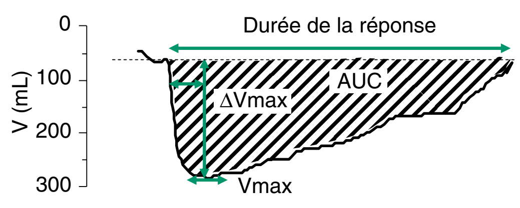


Fig. 11-4. Exemple de mesure de la relaxation gastrique post-prandiale par le barostat.
Le barostat maintient une pression constante dans le ballon. l'ingestion du repas induit une relaxation gastrique qui se traduit par une augmentation du volume du ballon (nécessaire au maintien d'une pression constante). La relaxation est évaluée par son amplitude maximale (ΔVmax), sa durée et l'aire sous la courbe (AUC).

cela a été démontré en utilisant une évolution du barostat, le tensiostat qui permet de réaliser des distensions digestives à tension constante [4]. Par ailleurs, les distensions isobariques s'affranchissent des problèmes de variation anatomique et de taille des organes d'un sujet à l'autre.

La rapidité avec laquelle est effectuée la distension mécanique apparaît aussi comme un paramètre important dans les études utilisant une méthode subjective d'étude de la sensibilité viscérale basée sur le recueil des sensations rapportées. Ainsi, au niveau du rectum, des distensions lentes et prolongées, à un débit d'insufflation de 40 mL/min (distensions toniques), stimulent préférentiellement les mécanorécepteurs situés dans la muqueuse [5]. À l'inverse, des distensions rapides et brèves à un débit d'insufflation proche de 40 mL/s (distensions phasiques) stimulent plutôt les mécanorécepteurs musculaires ou séreux [5, 6] par l'ébranlement de la paroi digestive produit lors de cette insufflation brutale de l'organe étudié.

Concernant les séquences de distensions, différents protocoles peuvent être utilisés [7, 8]. La méthode des limites ascendantes repose sur la réalisation de stimulations d'intensité croissante soit en utilisant une distension progressive et continue ou en palier, soit en créant des paliers successifs séparés par des périodes sans distension (figure 11-5a). Ces protocoles ont pour avantage leur simplicité, mais certains auteurs ont émis l'hypothèse de biais de perception de la distension d'ordre psychologique du fait d'un conditionnement du sujet qui, au cours de l'expérimentation, s'attend à rencontrer des sensations de plus en plus intenses. Il apparaît donc préférable d'utiliser des stimulations dont l'intensité varie de façon aléatoire. Cette procédure doit notamment être préférée lorsque le protocole expérimental prévoit plusieurs tests de distension chez un même sujet, notamment pour l'évaluation d'un traitement par rapport à un placebo ou lors d'études d'effets dose-réponse. La méthode dite du *tracking* consiste à déterminer un seuil de sensation prédéfinie, en général une douleur tolérable ou un inconfort digestif, puis de répéter les distensions autour de ce seuil, en fonction de la réponse des sujets, par exemple en diminuant la pression de distension après une réponse positive ou en la laissant au même niveau, ou en l'augmentant après une réponse négative (figure 11-5c). La pression

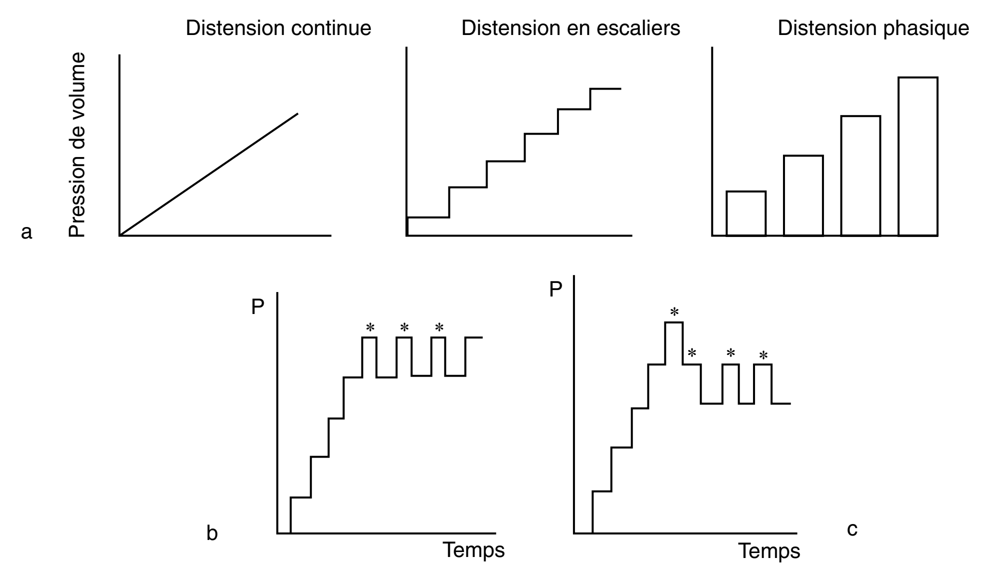


Fig. 11-5. Différentes modalités de distension.
a. Méthode des limites ascendantes.
b. *Double random staircase*.
c. *Tracking*.

déterminant le seuil est alors égale à la moyenne des pressions de distensions ayant entraîné une réponse positive. La technique du *double random staircase* utilise la combinaison de deux escaliers de pression qui sont alternés de manière aléatoire par l'ordinateur du barostat, sans contrôle de l'investigateur (figure 11-5b). Si les études récentes utilisant ces protocoles de distension ont mis en évidence une hypersensibilité viscérale chez les patients présentant un syndrome de l'intestin irritable [9], d'autres études n'ont pas démontré de différence entre les seuils de perception déterminés par la méthode des limites ascendantes ou par ces protocoles de distension plus complexes chez des volontaires sains.

Durant tout protocole utilisant des distensions intermittentes, la durée et l'intervalle entre chaque palier doivent rester constants au cours de l'expérimentation. Il est également souhaitable de respecter des intervalles de 2 à 10 minutes entre deux paliers, pour éviter un phénomène de désensibilisation provoqué par des distensions trop rapprochées, ou au contraire un phénomène de sensibilisation comme cela a été montré au cours du syndrome de l'intestin irritable. Par ailleurs, il est assez fréquent d'observer que la sensation se modifie dans les premiers instants qui suivent le début de la distension. La durée de chaque distension doit donc être, au minimum, de 30 secondes avant d'évaluer la sensation. Il ne semble pas utile, en revanche, de prolonger la stimulation au-delà de 1 à 2 minutes. Enfin, il est préférable de ne pas prolonger les séances de stimulations au-delà de 2 heures pour éviter que la fatigue du sujet interfère avec les résultats.

Des recommandations réalisées par un groupe international pour la standardisation des études réalisées avec le barostat concernant l'étude du tonus des organes digestifs et la détermination des seuils de sensation ont été publiées en 1997 [8]. Elles n'ont pas été revues depuis.

Interprétation de l'examen

Lorsque le barostat est utilisé pour mesurer le tonus digestif, les résultats peuvent être exprimés en donnant la valeur moyenne du volume du ballon qui dépend de nombreux facteurs. Le barostat étant plus souvent utilisé pour mesurer des variations de tonus qu'une valeur absolue du tonus, les résultats sont exprimés en variation de volume (en millilitre ou en pourcentage de variation par rapport au volume basal) enregistré. l'interprétation des variations très rapides du volume du ballon est délicate. Il peut s'agir de véritables contractions phasiques du tube digestif dont l'intensité collabe le ballon, mais aussi d'artéfacts induits par les mouvements respiratoires ou les contractions abdominales. Dans certaines études, la mesure couplée de l'activité phasique de part et d'autre du ballon grâce à des cathéters perfusés a permis de mieux comprendre les relations entre activités tonique et phasique [10]. Cependant, ces techniques sont particulièrement difficiles à mettre en place.

D'autres facteurs non liés aux conditions techniques peuvent également influencer les seuils de sensation [11]. L'âge des patients semble avoir une importance, les sujets âgés ayant des seuils de perception plus élevés. Le sexe des sujets influence également les seuils de perception, les femmes ayant des seuils plus bas que les hommes, quelle que soit la période considérée du cycle menstruel. Ces variations imposent d'obtenir des groupes contrôles adaptés.

Le moment de la distension est un autre facteur à prendre en compte. En effet, en phase post-prandiale, la réponse motrice au repas entraîne une stimulation de la motricité colique et rectale qui peut avoir comme conséquence une augmentation de l'activité contractile et du tonus colique [7]. Si les distensions sont réalisées au cours de cette période d'hypertonie post-prandiale, les seuils de perception peuvent être modifiés. Pour cette raison, la plupart des études sont réalisées chez des patients à jeun. La composition du repas peut aussi avoir une influence [12].

Le stress et l'anxiété augmentent aussi la perception lors d'une distension aussi bien chez les sujets sains que chez les patients, à l'inverse la distraction peut la diminuer. La nature subjective de la perception douloureuse en fait un paramètre difficile à mesurer. En effet, pour la douleur en général et pour la douleur viscérale

en particulier, il n'existe aucun outil de mesure qui soit bien adapté à la quantification et à la qualification de la perception douloureuse. Les différents moyens d'évaluation reposent sur le vécu de la douleur par le sujet lui-même, ce qui rend la standardisation de la mesure illusoire. Pour réduire ce caractère subjectif, différentes méthodes sont utilisées dont la méthode des seuils, la plus simple et la plus souvent utilisée. Cependant cette méthode ne prend en compte qu'une seule dimension de la perception douloureuse, son intensité, et ne tient pas compte de la composante qualitative de la douleur. Ainsi, à l'instar des méthodes utilisées dans l'évaluation de la sensibilité somatique, des échelles de catégorie nominales (échelles verbales simples) ou ordinales (échelles numériques) sont utilisées pour évaluer la sensibilité viscérale. La topographie de la douleur somatique rapportée peut être associée au seuil de perception pour identifier les patients ayant une hypersensibilité viscérale, les patients signalant plus souvent que les sujets sains une douleur plus diffuse [9]. D'autres techniques de neurophysiologie couplées aux protocoles de distension, comme les variations d'un réflexe nociceptif de flexion, le réflexe RIII, permettent de mieux explorer les différents mécanismes impliqués dans le contrôle et la régulation de la douleur viscérale [13].

Valeurs normales

Les valeurs normales sont propres à chaque laboratoire et dépendent de l'organe et des conditions utilisées pour la distension (taille et forme du ballon, protocole de distension). À titre d'exemple, lors de distensions rectales, le seuil de 40 mmHg a une sensibilité de 95,5 %, une spécificité de 71,8 % et une valeur prédictive positive de 85,4 % [14] pour différencier sujets sains et patients avec intestin irritable. Au niveau gastrique, l'équipe de Jan Tack a montré dans une cohorte de 80 volontaires sains que le seuil douloureux moyen était de 10,7 mmHg au-dessus de la pression opératoire et que les valeurs normales (moyenne ± 2 DS) étaient comprises entre 6,6 et 12,8 mmHg au-dessus de la pression opératoire [15].

Pathologie

Le développement de la technique du barostat électronique a accompagné la mise en évidence des troubles de la sensibilité viscérale au cours des troubles fonctionnels digestifs. Ces études ont montré une diminution des seuils d'inconfort et de douleur chez environ deux tiers des patients avec syndrome de l'intestin irritable en comparaison avec des sujets sains [7, 9] et chez environ 37 % des patients ayant un syndrome dyspeptique [15]. La diminution du seuil douloureux à la distension est retrouvée de manière diffuse au niveau de tous les segments du tractus digestif, quels que soient les symptômes évoqués. La relaxation adaptative de l'estomac proximal est diminuée chez les patients dyspeptiques, principalement en cas de satiété précoce [16]. Inversement, cette relaxation serait plus ample et plus prolongée en cas de reflux gastro-œsophagien [17].

Indications

Le barostat électronique est une technique de recherche. Il a deux utilisations principales :

- la mesure du tonus des organes digestifs en situation basale et sous différentes conditions ;
- la réalisation de manière standardisée de distensions pour la mesure des seuils de sensation.

Si le développement de cette technique a été à l'origine d'importantes avancées dans les domaines de la physiologie du tube digestif et de la physiopathologie des troubles fonctionnels digestifs, ses applications en pratique clinique restent très limitées, voire inexistantes. On ne peut cependant exclure qu'à l'avenir l'identification de profils spécifiques de patients à l'aide du barostat (hypersensible *versus* normosensible) ait des implications thérapeutiques, par exemple pour l'utilisation de traitement modulant la sensibilité viscérale.

Références

[1] Azpiroz F, Malagelada JR. Physiological variation of gastric tone measured by an electronic barostat. Am J Physiol 1985 ; 248 : G229–37.
[2] Hachet T, Caussette M. A multifunction and programmable computerized barostat. Gastroenterol Clin Biol 1993 ; 17 : 347–51.

[3] Notivol R, Coffin B, Azpiroz F et al. Gastric tone determines the sensitivity of the stomach to distention. Gastroenterology 1995 ; 108 : 330–6.
[4] Distrutti E, Azpiroz F, Soldevilla A et al. Gastric wall tension determines perception of gastric distention. Gastroenterology 1999 ; 116 : 1035–42.
[5] Lembo T, Munakata J, Mertz H et al. Evidence for the hypersensitivity of lumbar splanchnic afferents in irritable bowel syndrome. Gastroenterology 1994 ; 107 : 1686–96.
[6] Sabate JM, Coffin B, Jian R et al. Rectal sensitivity assessed by a reflexologic technique : further evidence for two types of mechanoreceptors. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol 2000 ; 279 : G692–9.
[7] Bradette M, Delvaux M, Staumont G et al. Evaluation of colonic sensory thresholds in IBS patients using a barostat. Definition of optimal conditions and comparison with healthy subjects. Dig Dis Sci 1994 ; 39 : 449–57.
[8] Whitehead WE, Delvaux M. Standardization of barostat procedures for testing smooth muscle tone and sensory thresholds in the gastrointestinal tract. The Working Team of Glaxo-Wellcome Research, UK. Dig Dis Sci 1997 ; 42 : 223–41.
[9] Mertz H, Naliboff B, Munakata J et al. Altered rectal perception is a biological marker of patients with irritable bowel syndrome. Gastroenterology 1995 ; 109 : 40–52.
[10] Jouet P, Coffin B, Lemann M et al. Tonic and phasic motor activity in the proximal and distal colon of healthy humans. Am J Physiol 1998 ; 274 : G459–64.
[11] Sloots CE, Felt-Bersma RJ, Cuesta MA et al. Rectal visceral sensitivity in healthy volunteers : influences of gender, age and methods. Neurogastroenterol Motil 2000 ; 12 : 361–8.
[12] Simren M, Agerforz P, Bjornsson ES et al. Nutrient-dependent enhancement of rectal sensitivity in irritable bowel syndrome (IBS). Neurogastroenterol Motil 2007 ; 19 : 20–9.
[13] Sabate JM, Bouhassira D, Poupardin C et al. Sensory signalling effects of tegaserod in patients with irritable bowel syndrome with constipation. Neurogastroenterol Motil 2007 ; 20 : 134–41.
[14] Bouin M, Plourde V, Boivin M et al. Rectal distention testing in patients with irritable bowel syndrome : sensitivity, specificity, and predictive values of pain sensory thresholds. Gastroenterology 2002 ; 122 : 1771–7.
[15] Tack J, Caenepeel P, Fischler B et al. Symptoms associated with hypersensitivity to gastric distention in functional dyspepsia. Gastroenterology 2001 ; 121 : 526–35.
[16] Karamanolis G, Caenepeel P, Arts J, Tack J. Association of the predominant symptom with clinical characteristics and pathophysiological mechanisms in functional dyspepsia. Gastroenterology 2006 ; 130 : 296–303.
[17] Zerbib F, Bruley Des Varannes S, Ropert A et al. Proximal gastric tone in gastro-œsophageal reflux disease. Eur J Gastroenterol Hepatol 1999 ; 11 : 511–5.

Chapitre 12

Manométrie anorectale

A.-M. Leroi

Les troubles fonctionnels anorectaux concernent 10 à 20 % de la population générale [1]. La manométrie anorectale, en complément d'autres explorations radiologiques et électrophysiologiques, permet l'exploration en routine de troubles fonctionnels anorectaux, tels que l'incontinence anale et la constipation distale avec difficulté d'exonération des matières.

Principes de la technique

La manométrie anorectale consiste à :

- évaluer l'appareil résistif sphinctérien, constitué des sphincters anaux interne et externe, en mesurant les pressions anales au repos au cours de distensions rectales, d'une contraction volontaire et de poussée abdominale ;
- apprécier la fonction de l'appareil capacitif rectal, c'est-à-dire la sensibilité, la capacité fonctionnelle et la compliance du rectum.

Matériel

Les recommandations concernant le matériel de manométrie anorectale et son utilisation sont les suivantes [2–4] :

- utilisation d'un système de mesure de compliance correcte pour l'enregistrement des variations rapides de pression. Pour cela, la déformabilité des cathéters doit être minime et, lorsqu'un système perfusé est utilisé, celle-ci doit être assurée par un perfuseur capillaire hydropneumatique ;
- utilisation d'un système de perfusion à faible débit (au maximum 3 mL/min). Un débit plus élevé n'est pas recommandé, car il est susceptible d'induire une réponse motrice sphinctérienne secondaire à la stimulation du canal anal par la perfusion d'eau ;
- utilisation d'une sonde d'environ 5 mm de diamètre ;
- fréquence d'acquisition du signal d'au moins 8 Hz.

Trois types de sonde sont utilisés pour la réalisation d'une manométrie :

- la sonde à cathéters perfusés ;
- la sonde à ballonnets remplis d'eau ;
- la sonde avec microcapteurs électroniques.

La sonde à cathéters perfusés a le mérite d'être simple d'utilisation, de permettre le recueil des pressions anales au moyen de cathéters fins, évitant l'artéfact dû à la dilatation du canal anal, d'être à usage unique. Les orifices percés latéralement sur les cathéters peuvent être répartis sur la circonférence de la sonde et étagés. Ils permettent ainsi de mesurer de façon continue la pression anale à différents niveaux dans le sens longitudinal et, selon différents axes, dans le sens radial. La sonde à cathéters perfusés a le désavantage d'être mobile, nécessitant une vérification permanente de sa position au cours de l'examen. De plus, la perception de l'écoulement liquide, secondaire à la perfusion au niveau du canal anal du patient, peut induire une contraction sphinctérienne par crainte d'une fuite éventuelle et aboutir au diagnostic erroné d'anisme (contraction paradoxale du sphincter anal externe au cours de l'effort de défécation) [5]. Il existe une asymétrie radiale de la pression intra-anale et, de ce fait,

Les Explorations fonctionnelles digestives

la mesure de la pression selon trois axes, comme cela est préconisé en pratique, n'est pas un reflet exact des pressions endo-anales.

Les sondes à ballonnets évitent l'asymétrie radiale des pressions endo-anales, puisque la pression mesurée représente la somme de toutes les pressions mesurées dans chaque orientation. Leur mise en place est facile et reproductible. Les sondes sont moins mobiles que les cathéters perfusés. En revanche, leur utilisation est plus délicate car les ballonnets remplis d'eau ne doivent pas contenir de bulles d'air susceptibles d'amortir le signal. Les sondes à ballonnets sont de diamètre supérieur à celui des sondes à cathéters perfusés et entraînent une déformation plus importante du canal anal, susceptible d'induire une activité réflexogène du sphincter anal externe. La taille minimale des ballonnets ne permet d'étudier la pression qu'à deux niveaux, alors que les cathéters perfusés autorisent des mesures étagées tous les 0,5 cm. Leur position fixe, à 1,5 cm l'un de l'autre, ne peut pas s'adapter aux différentes longueurs de canal anal. Enfin, la sonde à ballonnets est trop coûteuse pour être utilisée à usage unique, ce qui en a restreint la commercialisation. Actuellement, la sonde à ballonnets d'Arhan n'est plus disponible sur le marché.

Les cathéters à microcapteurs offrent une mesure de pression radiale tout le long du canal anal. Cependant leur coût, leur fragilité, l'absence de matériel à usage unique en restreignent pour l'instant l'utilisation en routine.

Réalisation de l'examen

Préparation du matériel

Il est très important, avant de débuter l'examen, de calibrer le système d'enregistrement ainsi que la sonde de manométrie (figure 12-1). La calibration doit être archivée et disponible pour chaque examen afin de s'assurer de la qualité de l'enregistrement obtenu [4]. Les capteurs, les orifices de la sonde perfusée et le patient doivent être au même niveau durant la calibration et au cours de l'examen. Il est également important de s'assurer de l'absence d'amortissement du signal, en obturant les orifices de la sonde perfusée et en mesurant la vitesse d'augmentation du signal (*cf.* figure 12-1). L'enregistrement de la respiration sur les voies rectale et anale est le témoin de la bonne qualité du signal.

La calibration des capteurs électroniques est plus simple. La calibration s'effectue entre le point zéro (pression atmosphérique) et un point maximum situé entre 50 et 100 mmHg. Une fois la calibration réalisée, il n'est plus nécessaire que les capteurs, la sonde et le patient soient placés au même niveau [4].

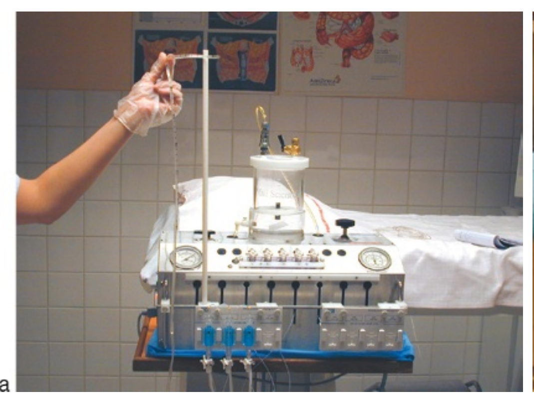
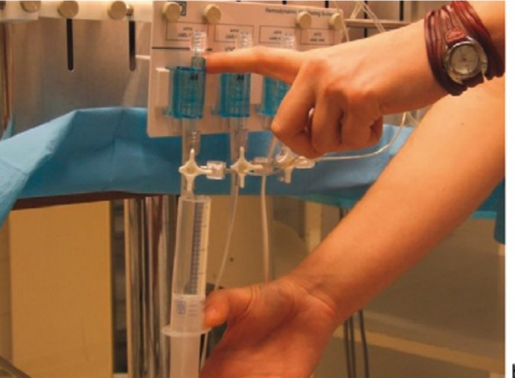
a


b

Fig. 12-1. Différentes étapes de la préparation d'un système de manométrie utilisant des sondes à cathéters perfusés.
a. Calibration.
b. Obturation des capteurs.

Préparation du patient

Il est souhaitable que le patient ait été à la selle avant la réalisation de la manométrie anorectale. Néanmoins, il n'est pas indispensable de faire un lavement rectal avant l'examen. L'absence de préparation permet de donner des renseignements supplémentaires concernant le transit et la qualité de la défécation. Si l'ampoule rectale est pleine de matières à l'examen clinique, le patient peut effectuer un lavement de 500 mL d'eau ou un lavement type Normacol®. Dans ces conditions, il est nécessaire de ne pas faire l'examen dans les 30 minutes qui suivent le lavement, afin de ne pas en biaiser les résultats [4]. Les patients ne doivent pas changer leurs habitudes alimentaires et ne pas être à jeun. Ils doivent poursuivre leur traitement habituel, mais préciser la nature de ce traitement au médecin afin de faciliter l'interprétation de l'examen. La seule contre-indication de la manométrie anorectale, ou du moins des distensions rectales, est la prise d'anticoagulants qui fait courir au patient le risque d'hémorragie digestive.

Il semble préférable d'effectuer un examen clinique comprenant un toucher rectal avant la réalisation de la manométrie. Cela permet de s'assurer de la vacuité de l'ampoule rectale, de l'absence de douleur au toucher rectal et/ou de sang sur le doigtier [4].

Déroulement de l'examen

Pour la réalisation de la manométrie, le patient est placé en décubitus latéral gauche.

En cas d'utilisation d'une sonde à cathéters perfusés, une mise à zéro est effectuée en positionnant la sonde au niveau de l'anus du patient. Cette « mise à zéro » permet de pallier la différence éventuelle entre la position des capteurs et celle de l'anus du patient.

La sonde est insérée dans le rectum et orientée de façon à ce que le capteur de pression le plus distal soit placé en position postérieure à 1 cm de la marge anale [4]. Marquer la position de la sonde est conseillé, surtout lorsque celle-ci est facilement mobilisable (cathéters perfusés). Une fois la sonde en place, il est nécessaire de la fixer, à l'aide de sparadrap, à la marge anale.

Une fois la sonde positionnée, une période de repos est nécessaire (environ 5 minutes) afin de permettre au sujet de se décontracter et de revenir à des pressions anales de repos.

Une fois cette période de repos terminée, un certain nombre de mesures sont effectuées. Celles-ci ne sont pas systématiques et sont, si besoin, à adapter en fonction de l'indication de l'examen qui doit être précisée par le prescripteur. Rao *et al.* ont donné certaines suggestions concernant les mesures à effectuer en fonction de l'indication de la manométrie (tableau 12-1) [4].

Tonus anal au repos

Une fois la mise en place de la sonde effectuée, il faut attendre 10 à 30 minutes (en fonction de la stabilité du tracé) durant lesquelles la pression

Tableau 12-1 Mesures suggérées en fonction de l'indication de la manométrie*.

Mesures	Indications	
	Incontinence	Constipation
Pression de repos	Oui	Oui
Contraction volontaire (amplitude/durée)	Oui	Optionnel
Réflexe de toux	Oui	Non
Effort de poussée	Non	Oui
Réflexe recto-anal inhibiteur	Non	Oui
Sensation rectale	Oui	Oui
Compliance rectale	Optionnel	Optionnel
Défécation simulée/expulsion ballonnet	Non	Oui

* D'après Rao SSC, Azpiroz F, Diamant N, Enck P, Tougas G, Wald A. Minimum standards of anorectal manometry. *Neurogastroenterol Mot* 2002 ; 14 : 553–9.

anale diminue progressivement, puis se stabilise permettant la mesure du tonus anal au repos.

Contraction volontaire du sphincter anal

Il s'agit d'évaluer l'amplitude et la durée de l'augmentation de pression anale au cours d'un effort volontaire de contraction. Pour cela, il est demandé au patient de serrer l'anus le plus fort et le plus longtemps possible, sans utiliser les muscles abdominaux ou fessiers. Cette contraction doit être suivie d'un repos de 1 à 2 minutes avant de demander un nouvel effort de contraction. L'amplitude maximale de la contraction volontaire du sphincter anal externe est calculée en soustrayant la pression anale de repos de la pression maximale engendrée par la contraction (figure 12-2). La moyenne des deux contractions maximales ainsi obtenues est utilisée pour calculer la valeur finale rapportée dans le compte rendu d'examen.

Réflexe de toux

Cette manœuvre teste le réflexe de contraction du sphincter anal externe au cours d'une augmentation rapide de la pression abdominale. Il est demandé au patient de tousser ou de gonfler un ballon. Cette manœuvre est répétée au moins une fois. Pour chaque effort, la différence entre la pression rectale au repos et la pression rectale maximale au cours de l'effort, ainsi que la différence entre la pression anale au repos et la pression anale maximale au cours de l'effort sont mesurées. Parmi les différents efforts de toux réalisés, est retenu celui pour lequel l'augmentation des pressions enregistrées est la plus importante.

Réflexe recto-anal inhibiteur (RRAI)

La réalisation du réflexe, comme les manœuvres de simulation de défécation, nécessitent une sonde avec un ballonnet distal placé dans le rectum. Le ballonnet intrarectal est distendu brièvement (3 secondes) avec des volumes d'air croissants de 10 à 50 mL (figure 12-3). Une période de repos de 1 à 2 minutes doit être respectée entre chaque distension. L'amplitude et la durée de la relaxation du sphincter anal sont évaluées. Si le réflexe de relaxation anale est absent pour 50 mL de distension, une distension de volume plus important est effectuée jusqu'à un maximum de 250 mL.

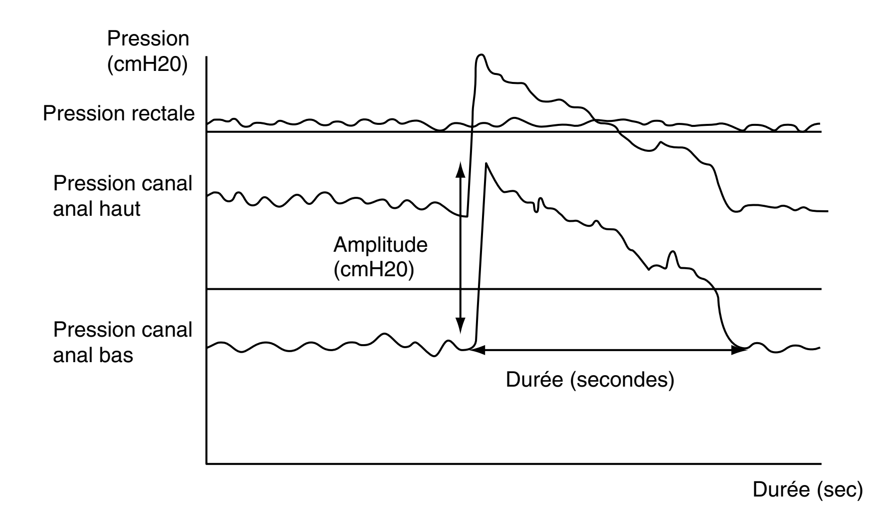


Fig. 12-2. Évaluation manométrique de la contraction volontaire maximale du sphincter anal externe.
L'amplitude maximale de la contraction volontaire du sphincter anal externe est calculée en soustrayant la pression anale de repos de la pression maximale engendrée par la contraction. La durée est mesurée pendant tout le temps de l'augmentation de pression par rapport à la pression anale de repos.

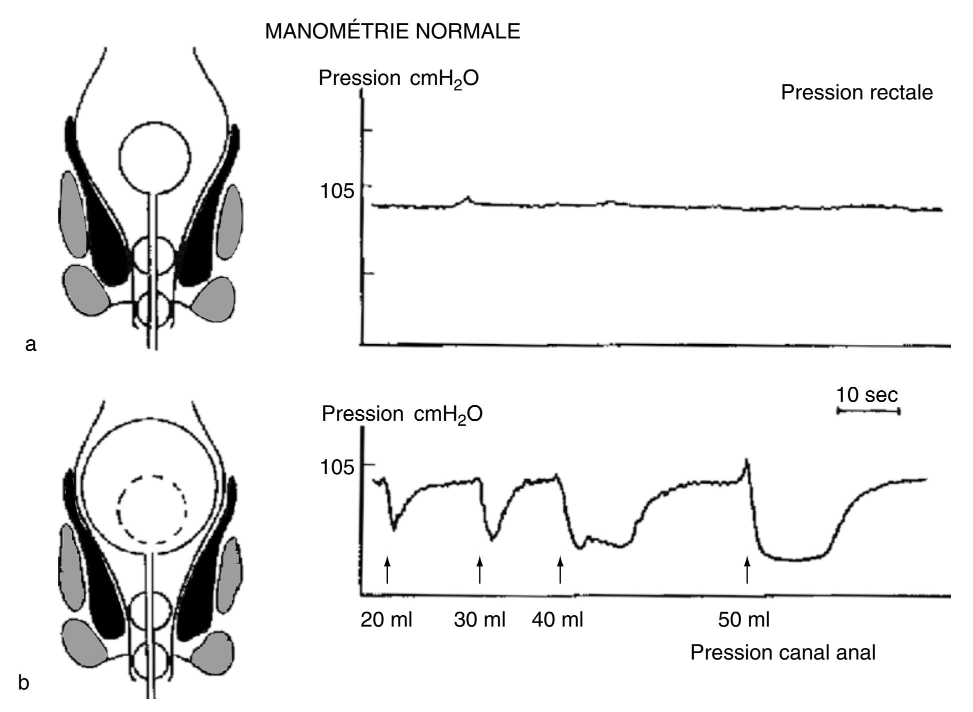


Fig. 12-3. Réflexe recto-anal inhibiteur.
(a) Tracé au repos. Le ballonnet intrarectal est distendu brièvement avec des volumes d'air croissants. L'amplitude et la durée de la relaxation du sphincter anal sont évaluées sur la voie correspondant à la partie basse du canal anal (b). Il existe une corrélation entre le volume de distension rectale et l'amplitude et la durée du réflexe recto-anal inhibiteur.

Défécation simulée

Au cours d'un effort de défécation normale, la pression rectale augmente alors que la pression anale diminue (figure 12-4). Au contraire, chez certains patients, il est possible d'observer une augmentation paradoxale de la pression anale ou bien une absence de relaxation ou une relaxation incomplète de la pression anale, en faveur d'un anisme ou d'une dyssynergie rectosphinctérienne (contraction paradoxale du sphincter anal externe au cours de la défécation). Ce défaut de relaxation peut être mesuré de la façon suivante [4] :

$$\% \text{ Relaxation anale} = \frac{\text{pression anale la plus faible au cours de l'effort de poussée}}{\text{pression anale au repos} \times 100}$$

Un électromyogramme du sphincter anal externe couplé à la manométrie permet de confirmer que l'augmentation paradoxale de pression anale provient bien de l'activité du sphincter anal externe.

Il n'existe pas de consensus concernant la technique d'évaluation de la défécation. Il semble important de mesurer la pression rectale, la pression anale en étant le plus proche possible des conditions naturelles de défécation du sujet, de façon à ne pas induire de réponse anormale. Le plus souvent, l'effort de défécation est demandé au sujet après stimulation rectale en distendant un ballonnet intrarectal, mais cela n'est pas obligatoire. La position à adopter par le sujet pour obtenir les résultats les plus physiologiques (décubitus latéral ou position assise) a fait l'objet de discussion mais sans aboutir à une conclusion reposant sur des données scientifiquement prouvées. L'effet de l'environnement, du manque relatif d'intimité sur les résultats obtenus n'a jamais été étudié. Il a par contre été démontré que de nombreux patients qui ont un anisme lors de l'évaluation en laboratoire, ont un fonctionnement anorectal normal chez eux [6]. Aussi, il paraît prudent, avant de

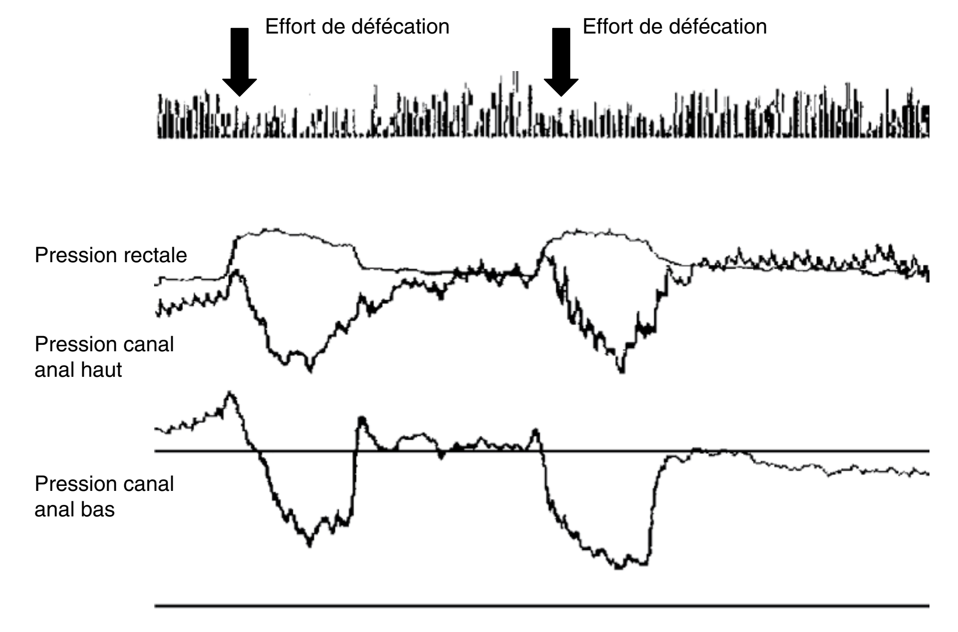


Fig. 12-4. Simulation d'un effort de défécation au cours d'un effort de défécation normale.
La pression rectale augmente alors que la pression anale diminue. L'activité EMG du sphincter anal diminue lors des efforts de poussée.

conclure à un anisme, de le vérifier à plusieurs reprises dans des conditions différentes.

Test d'expulsion du ballonnet

Ce test est destiné à évaluer les capacités du sujet à simuler l'expulsion d'une selle. Un ballon de 4 à 5 cm de long est humidifié (et non lubrifié) et placé dans le rectum. Le ballon est rempli avec 50 mL d'eau. Après avoir placé le ballon, le patient s'assoit sur une chaise percée et essaie d'expulser le ballonnet, seul dans la pièce. Le temps d'expulsion est chronométré (limites des valeurs normales = 10 sec – 3 min, médiane = 50 sec) [4].

Sensation rectale

La technique de référence pour étudier la sensibilité et la compliance rectale est le barostat. Néanmoins, compte tenu du coût de la sonde de barostat, la manométrie anorectale reste un moyen d'évaluation de ces paramètres en routine.

Pour effectuer les distensions rectales nécessaires à l'étude de la sensibilité et de la compliance rectale, le sujet est placé en décubitus dorsal, afin de minimiser la pression des organes abdominaux sur le pelvis. La sensibilité rectale est très dépendante de la méthodologie utilisée pour effectuer ces distensions. Il n'existe jusqu'à présent pas de recommandation en faveur d'une procédure de distension particulière. Traditionnellement, le ballonnet intrarectal est distendu par des volumes croissants d'air d'environ 20 mL, toutes les 2 minutes, jusqu'à ce que le sujet rapporte une première sensation transitoire (VS : volume seuil de sensation), puis jusqu'à la perception d'un besoin exonérateur impérieux et/ou d'une douleur rectale (VMT : volume maximum tolérable) (figure 12-5) [7]. Lorsque le patient ne perçoit aucune sensation pour des volumes de distension supérieurs à 250 mL et/ou si la pression rectale augmente au cours des distensions, celles-ci doivent être interrompues pour ne pas risquer de léser le rectum. La prise d'anticoagulants, qui aggravent le risque hémorragique, constitue une contre-indication à la réalisation de ces distensions.

Compliance rectale

Après chaque distension rectale, la pression rectale augmente rapidement, puis diminue progressivement de façon à revenir à la valeur de pression

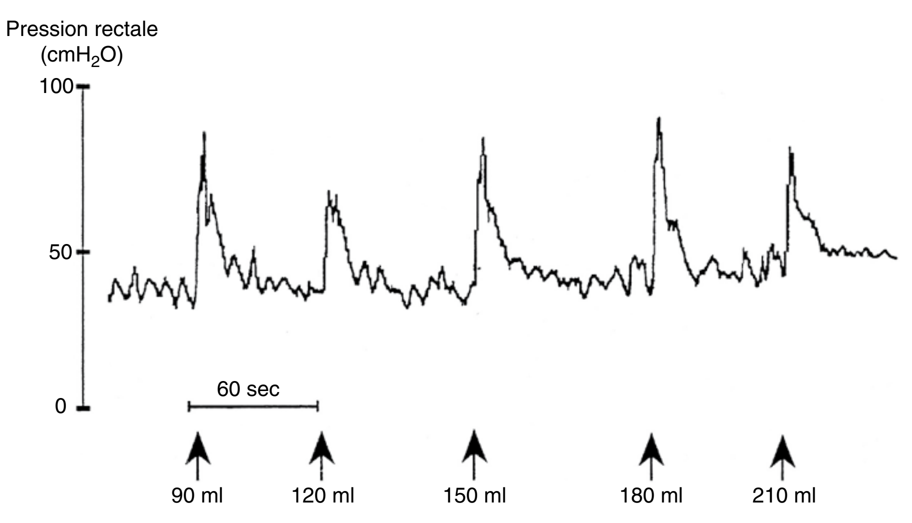


Fig. 12-5. Distension rectale à volumes croissants pour évaluation de la sensibilité et de la compliance rectales.

initiale, traduisant les capacités d'adaptation du rectum à son contenu (compliance rectale). La mesure de la pression rectale au VS, au VMT permet la mesure de la compliance rectale pour chacun de ces volumes ($\Delta V/\Delta P$ mL.cmH_2O^{-1} ou mL.mmHg^{-1}). L'évaluation de la compliance rectale nécessite de refaire les mesures de pression dans l'air, après celles effectuées en intrarectale, de façon à s'affranchir de la pression générée par le ballonnet lui-même (la pression réelle du rectum correspond à la pression mesurée en intrarectal moins la pression mesurée dans l'air).

Interprétation de l'examen

Pressions anales au repos

Au repos, il existe dans le canal anal une zone de haute pression (50 à 100 cmH_2O) qui s'étend sur environ 3 cm, alors que la pression rectale est de l'ordre de 5 cmH_2O. Ce gradient de pression anorectal participe au maintien de la continence au repos. Cette pression anale élevée résulte, pour 75 à 85 %, de la contraction tonique permanente du sphincter anal interne. La valeur de la pression anale est variable dans le temps pour un même sujet (variabilité évaluée entre 12 et 30 %) mais reste, pour un sujet sain, entre des limites de la normale définie par chaque laboratoire car dépendantes du matériel et de la technique utilisée [7].

La pression anale de repos est fréquemment soumise à des fluctuations. Il peut s'agir d'ondes lentes définies par leur amplitude et leur fréquence (amplitude = 5 à 25 cmH_2O ; fréquence = 6 à 20/min), ou d'ondes ultralentes beaucoup plus amples et de moindre fréquence (amplitude 30 à 100 cmH_2O ; fréquence $<$ 3/min). Les ondes ultralentes sont souvent associées à une hypertonie anale et constituent alors l'hypertonie anale instable. Il semble que cette hypertonie anale instable soit secondaire à des fluctuations de l'activité du sphincter anal interne.

Au contraire, une hypotonie anale peut traduire une dégénérescence, une lésion ou une atteinte neurologique du sphincter anal interne. Cependant, si cette hypotonie prédomine à la partie haute du canal anal et s'accompagne de difficultés d'exonération des matières, elle peut être évocatrice d'une procidence rectale interne.

Contraction volontaire du sphincter anal

La contraction volontaire est maximale à la partie basse du canal anal, en regard du sphincter anal externe. Les valeurs normales dépendent du matériel utilisé et des conditions de réalisation de la manométrie. Néanmoins, les sujets volontaires

sains sont capables de maintenir une contraction volontaire du sphincter anal externe pendant 45 à 50 secondes.

La contraction volontaire est diminuée en amplitude lorsqu'il existe un trouble de la commande neurologique du sphincter, une lésion anatomique sphinctérienne ou, simplement, lorsque le patient ne sait pas ou ne peux pas sélectionner les muscles périnéaux. Ainsi, il a été démontré que les patients victimes d'agression sexuelle et/ou physique ne sont parfois pas capables d'effectuer une contraction volontaire en dehors de toute lésion neurologique ou anatomique [8]. L'incapacité de maintenir une contraction volontaire plus de 10 secondes peut contribuer à expliquer une incontinence anale active, avec besoins exonérateurs impérieux, et est en faveur d'une pathologie neurologique.

Réflexe à la toux

Le réflexe à la toux correspond à l'augmentation de la pression anale observée au cours d'un effort de toux. Il s'agit d'un réflexe multisynaptique qui prévient les épisodes de fuite anale au cours des efforts avec augmentation de pression abdominale. Pour cela, la pression anale doit être supérieure à la pression abdominale. La durée du réflexe à la toux peut également être mesurée et doit être plus longue que l'augmentation de pression abdominale. La réponse anale semble précéder l'augmentation de pression abdominale, traduisant non pas une activité réflexe, mais plutôt un « réflexe appris ».

Une contraction volontaire normale associée à un réflexe à la toux anormal (amplitude et durée inférieures à l'augmentation de pression rectale) exposerait les patients à une incontinence anale à l'effort. Elle serait évocatrice d'une atteinte neurologique périphérique (radiculaire sacrée, plexique ou tronculaire). La présence d'une contraction sphinctérienne normale s'expliquerait par le recrutement plus large des fibres motrices efférentes lors de la contraction volontaire, par comparaison à une contraction réflexe [3]. Néanmoins, les données de la littérature concernant ce réflexe à la toux restent limitées.

Réflexes recto-anaux inhibiteur (RRAI) et excitateur (RRAE)

La distension du rectum entraîne un relâchement du sphincter anal interne via les plexus nerveux myentériques (réflexe recto-anal inhibiteur), ainsi qu'une contraction du sphincter anal externe via le système nerveux central (réflexe recto-anal excitateur). Plus le volume de distension rectale est élevé, plus l'amplitude et la durée des RRAI et RRAE sont importantes (*cf.* figure 12-3).

L'absence de RRAI traduit l'existence d'une maladie de Hirschsprung (absence de plexus nerveux intrinsèques rectaux), ce qui est très rarement observé chez l'adulte. Aussi, avant de conclure à l'absence de réflexe, il est important de :

- s'assurer que le rectum a été correctement stimulé, ce qui n'est pas toujours le cas, par exemple lorsqu'il existe un mégarectum ;
- s'assurer qu'il n'existe pas de fécalome rectal ;
- utiliser une sonde à plusieurs voies d'enregistrement pour éviter que la mobilisation de la sonde lors de la distension rectale ne biaise les résultats de l'enregistrement.

Par ailleurs, la contraction volontaire du sphincter anal externe peut « contrarier » le RRAI et entraîner une augmentation de pression au milieu de la chute de la pression anale. Cette anomalie est particulièrement fréquente chez les patients ayant un anisme ou dyssynergie rectosphinctérienne (c'est-à-dire une contraction paradoxale du sphincter anal externe lors de la défécation) [5]. Enfin, le réflexe peut ne pas être enregistrable en cas d'hypotonie anale importante.

L'absence de corrélation entre l'amplitude, la durée du RRAI et le volume de distension rectale est observée chez les patients présentant des lésions du système nerveux parasympathique sacré responsable de cette modulation [9].

Le RRAE est un réflexe conditionné acquis au moment de l'apprentissage de la propreté. Il permettrait de fermer la partie basse du canal anal au moment du RRAI et donc de préserver la continence du sujet. Chez des patients incontinents anaux, son absence serait en faveur d'une atteinte neurologique périphérique [10].

Défécation simulée

L'étude d'une défécation simulée permet de mettre en évidence [3] :

- une augmentation insuffisante de la pression rectale qui peut expliquer une constipation, en particulier chez des patients neurologiques ou présentant une faiblesse de la musculature abdominale (sujet âgé) ;
- une augmentation excessive de la pression rectale qui est fréquemment associée à une relaxation insuffisante de la pression anale. Il s'agirait d'un mécanisme compensatoire afin de lutter contre la pression anale résiduelle. Dans certains cas, la poussée abdominale est telle que les capacités d'expulsion de la sonde sont préservées. Néanmoins, si ces efforts abdominaux se répètent de façon chronique, ils sont susceptibles d'induire une descente périnéale avec troubles de la statique pelvienne et neuropathie pudendale d'étirement.

Une relaxation anale insuffisante est fréquemment associée à une constipation distale. L'absence de relaxation anale peut être secondaire à une contraction paradoxale du sphincter anal externe isolée ou associée à une contraction paradoxale du muscle puborectal (figure 12-6). Cette anomalie a également été retrouvée chez des sujets sains, sans qu'il

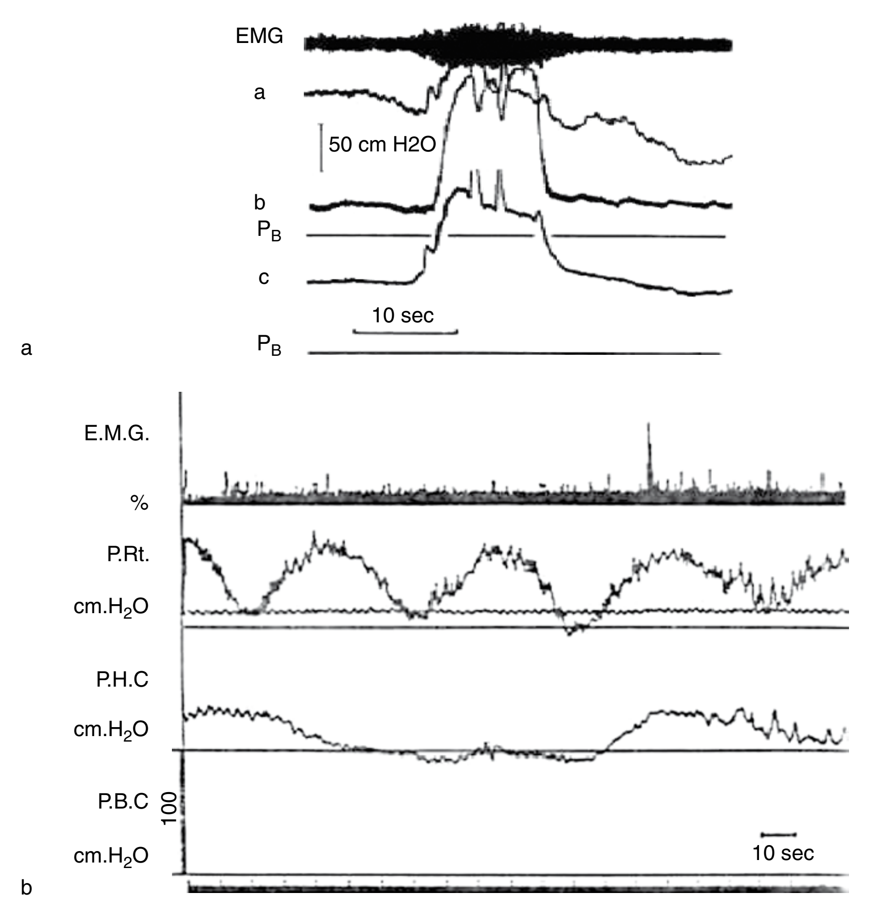


Fig. 12-6. Causes de constipation distale diagnostiquées à la manométrie anorectale.
a. Anisme.
b. Hypertonie anale instable : a et Prt : pression rectale ; b et PHC : pression partie haute du canal anal ; c et PBC : pression partie basse du canal anal.

soit possible de préciser s'il s'agit de faux positifs ou de sujets présentant un désordre fonctionnel mais sans répercussion clinique du fait de selles plus molles et donc plus faciles à évacuer, ou d'efforts de poussée plus importants. Cette manœuvre manque également de reproductibilité chez un même sujet, mais il n'est pas impossible que cela reflète un certain degré de dysfonctionnement.

Sensation et compliance rectale

Les valeurs normales des seuils de sensibilité rectale dépendent de la technique utilisée (taille et forme du ballon rectal, place du ballon dans le rectum, procédure de distension utilisée, distension phasique ou continue, etc.). Lorsqu'un ballon de 5 × 4 cm en latex est placé à 5 cm de la marge anale, la limite supérieure du volume seuil de sensation est de 30 mL [7].

Une diminution de la sensibilité rectale est constatée chez certains patients ayant une incontinence anale en particulier lorsqu'il existe une maladie neurologique associée, un mégarectum, ainsi que chez des patients constipés ayant un fécalome rectal. Au contraire, un volume maximum tolérable inférieur à 100 mL est observé chez des patients présentant un rectum peu compliant (microrectum) ou une hypersensibilité rectale. Cette hypersensibilité s'accompagne parfois d'accidents d'incontinence anale, surtout lorsqu'il existe une insuffisance sphinctérienne associée.

Une compliance rectale augmentée (mégarectum) est responsable de constipation distale avec encoprésie, particulièrement chez l'enfant. Le mégarectum peut être la cause ou la conséquence de la dilatation rectale induite par les fécalomes à répétition. Un rectum très peu compliant (microrectum) observé après radiothérapie pelvienne, dans le cas de rectite ischémique ou inflammatoire, est source d'incontinence anale.

Il est rare d'observer une activité motrice rectale spontanée en dehors des enregistrements de 24 heures chez l'adulte. Par contre, certains patients présentent une hyperactivité contractile associée à des besoins exonérateurs impérieux, voire des douleurs. Des réponses contractiles rectales ont également été décrites après distension rectale chez des patients blessés médullaires et certains patients ayant un syndrome de l'intestin irritable.

Indications

Incontinence anale

L'intérêt de la manométrie anorectale pour la prise en charge des patients incontinents anaux a été souligné lors des recommandations pour la pratique clinique des patients souffrant d'incontinence [10, 11].

Devant un patient souffrant d'incontinence anale, la manométrie anorectale permet de répondre à un certain nombre de questions.

S'agit-il d'une incontinence anale secondaire à une incompétence sphinctérienne et/ou à une incompétence du système capacitif rectal ?

Chez un patient incontinent anal, la manométrie peut mettre en évidence une hypotonie anale (secondaire à une insuffisance du sphincter anal interne) et/ou une contraction du sphincter anal externe insuffisante en amplitude et/ou en durée (secondaire à une insuffisance du sphincter anal externe). Lorsqu'il existe une incompétence sphinctérienne, la manométrie n'est pas indispensable. En effet, il existe une bonne corrélation entre l'évaluation clinique (au toucher rectal) de la compétence des sphincters et les résultats manométriques [12]. Toutefois, la manométrie a le mérite de fournir des données objectives chiffrées des pressions anales sur lesquelles un éventuel travail de rééducation peut s'appuyer ou qui servent de références ultérieures, en particulier si un traitement chirurgical est envisagé.

Par contre, la manométrie anorectale est indispensable pour évaluer la fonction du réservoir rectal. L'incontinence peut être la conséquence d'une diminution de la compliance rectale (microrectum), par exemple en cas de rectite (radique,

inflammatoire, ischémique, etc.) ou après chirurgie rectale. Le rectum qui a perdu ses propriétés de distensibilité est incapable de s'adapter aux variations de volumes. Lors de l'arrivée de matières dans le rectum, la pression intrarectale est élevée et dépasse, après épuisement de la contraction du sphincter anal externe, la pression anale de repos. La continence n'est donc plus assurée. Dans le syndrome de l'intestin irritable, une microrectie fonctionnelle sans lésion pariétale est possible, secondaire à l'hypersensibilité rectale. Cette diminution de la capacité fonctionnelle du rectum contribue à l'incontinence anale des formes diarrhéiques de l'intestin irritable. Dans ce cas, la manométrie met en évidence une diminution des différents volumes de perception (VS, VMT) et de la compliance rectale.

Au contraire, l'incontinence anale peut être favorisée par une perte de la perception de la distension rectale. Cela a été démontré chez certains patients neurologiques (neuropathie diabétique, sclérose en plaques) [7]. La contraction sphinctérienne lors de l'arrivée de matières intrarectales est conditionnée par la perception de la distension du rectum. Si cette sensation est altérée, le sphincter anal externe ne se contracte pas, le canal anal reste ouvert exposant le patient à une fuite anale.

Quelle est la gravité de l'incontinence anale ?

Tout comme l'hypotonie urétrale pour l'incontinence urinaire, l'hypotonie anale sévère (< 20–30 cmH_2O) semble être un facteur de mauvais pronostic pour la guérison de l'incontinence anale quel que soit le traitement envisagé [13].

Le patient est-il à risque d'avoir une incontinence anale ?

Certaines chirurgies coloproctologiques (anastomose iléo-anale, résection de la charnière rectosigmoïdienne, cure de rectocèle, dilatation anale…) sont susceptibles de démasquer une incontinence anale en postopératoire. Lorsque ce type de chirurgie est envisagé, il paraît prudent de réaliser un bilan sphinctérien préopératoire comprenant une manométrie anorectale.

Enfin, la manométrie anorectale permet également d'orienter le diagnostic vers une incontinence anale d'origine neurologique. Certaines anomalies, telles que la disparition des réflexes recto-anaux excitateurs, une altération de la sensibilité rectale (sans mégarectum associé), une perte de la corrélation entre le volume de distension rectale et l'amplitude et la durée de réflexes recto-anaux inhibiteurs, une contraction volontaire insuffisante associée à une dyssynergie rectosphinctérienne, doivent faire évoquer la possibilité d'une maladie neurologique responsable du trouble de la continence anale et orienter dans ce sens les investigations ultérieures.

Constipation

Les troubles anorectaux peuvent être à l'origine d'une constipation distale (c'est-à-dire avec difficulté d'exonération des matières, effort de poussée et/ou utilisation de manœuvres digitales). La manométrie anorectale peut dépister quatre anomalies responsables de constipation distale.

Absence de RRAI

L'absence de RRAI est évocateur de la maladie de Hirschsprung à condition de s'être assuré de l'absence des « pièges » soulignés plus haut, pouvant être à l'origine d'une fausse absence de RRAI. En l'absence de réflexe, une biopsie à la recherche des plexus nerveux myentériques confirme le diagnostic. Par contre, la présence d'un RRAI exclut le diagnostic de maladie de Hirschsprung à condition d'être sûr de l'absence de déplacement de sonde pouvant donner de fausse relaxation anale.

Anisme

L'anisme se traduit par une contraction paradoxale du sphincter strié de l'anus pendant les efforts de défécation, ce qui contrarie l'évacuation des matières (*cf.* figure 12-6). L'anisme peut être mis en évidence en demandant au sujet un effort de poussée abdominale pendant l'enregistrement des pressions anales. L'anisme se traduit par une augmentation paradoxale des pressions anales. Néanmoins, le diagnostic d'anisme n'est

porté qu'après confirmation au cours d'une autre manométrie anorectale après habituation du patient à l'examen. L'anisme peut être associé à des réflexes recto-anaux inhibiteurs de faible amplitude contrariés par une contraction du sphincter anal externe au milieu de la relaxation du sphincter anal interne.

Il faut être prudent avant d'attribuer un anisme à un trouble comportemental. La même augmentation de pression paradoxale du canal anal au cours d'un effort de poussée peut être observée au cours d'une dyssynergie rectosphinctérienne striée d'origine neurologique centrale. Il n'est pas rare que la dyssynergie striée soit révélatrice de la pathologie neurologique. Il faut y penser lorsqu'il existe des troubles vésicosphinctériens ou génitosexuels associés, une commande volontaire du sphincter anal externe médiocre en l'absence d'anomalie anatomique sphinctérienne et un trouble de la perception du besoin.

Hypertonie anale instable

L'hypertonie anale instable, définie par une hypertonie anale associée à des ondes ultralentes (*cf.* figure 12-6), s'observe le plus souvent associée à un syndrome de l'intestin irritable, dans un contexte anxiodépressif émaillant souvent les difficultés des patients à supporter les événements de vie stressants. L'hypertonie anale instable, comme l'anisme, peut offrir, dans ce contexte, un signal manométrique permettant de proposer aux patients des séances de *biofeedback* pour correction des troubles anorectaux.

Mégarectum

Qu'il soit acquis, secondaire à un obstacle (maladie de Hirschsprung) ou constitutionnel, le mégarectum est à l'origine d'une constipation distale avec fécalomes à répétition. Les fécalomes sont secondaires à l'absence de perception rectale et de sensation de plénitude rectale. Le sujet, ne percevant pas de besoin exonérateur, laisse les matières s'accumuler dans le rectum, ce qui aggrave la distension rectale et rend l'exonération de plus en plus difficile.

Conclusion

La manométrie anorectale reste un examen de base pour l'exploration des patients souffrant de troubles fonctionnels anorectaux, en particulier pour l'évaluation de l'appareil capacitif rectal. Les systèmes de manométrie haute résolution permettront peut-être à l'avenir d'améliorer la qualité de l'enregistrement en évitant les artéfacts liés aux déplacements de sonde.

Références

[1] Whitehaed WE, Wald A, Diamant N, Neck P, Pemberton J, Wald A et al. Functional disorders of the anus and rectum. Working party Consensus. Rome II criteria. Gut 1999; 45 (suppl II) : 55–9.

[2] Meunier PD. Anorectal manometry. A collective international experience. Gastroenterol Clin Biol 1991; 15 : 697–702.

[3] Azpiroz F, Enck P, Whitehead WE. Anorectal function testing : review of collective experience. Am J Gastroenterol 2002; 97 : 232–40.

[4] Rao SSC, Azpiroz F, Diamant N, Enck P, Tougas G, Wald A. Minimum standards of anorectal manometry. Neurogastroenterol Mot 2002; 14 : 553–9.

[5] Savoye G, Leroi AM, Bertot-Sassigneux P, Touchais JY, Devroede G, Denis P. Does water-perfused catheter overdiagnose anismus compared to balloon probe? Scand J Gastroenterol 2002; 37 : 1411–6.

[6] Duthie L, Bartolo DCC. Anismus : the cause of constipation? Results of investigation and treatment. World J Surg 1992; 79 : 1213–5.

[7] American Gastroenterological Association. American Gastroenterological Association medical position statement on anorectal testing techniques. Gastroenterology 1999; 116 : 732–60.

[8] Berkelmans I, Leroi AM, Weber J, Denis P. Faecal incontinence with transitory absence of anal contraction in two sexually or physically abused women. Eur J Gastroenterol Hepatol 1996; 8 : 235–8.

[9] Beuret-Blanquart F, Weber J, Gouverneur JP, Demangeon S, Denis P. Colonic transit time and anorectal manometric anomalies in 19 patients with complete transection of the spinal cord. J Auton Nerv Syst 1990; 30 : 199–207

[10] Sangwan YP, Coller JA, Barrett RC, Murray JJ, Roberts PL, Schoetz DJ. Prospective comparative study of abnormal distal rectoanal excitatory reflex, pudendal nerve terminal motor latency and single fibre density as markers of pudendal neuropathy. Dis Colon Rectum 1996; 39 : 794–8.

[11] Lehur PA, Leroi AM. Incontinence anale de l'adulte : recommandations pour la pratique clinique. Ann Chir 2000 ; 125 : 511–21.
[12] Hallan RI, Marzouk DEMM, Waldron DJ, Womack NR, Williams NS. Comparison of digital assessment of anal sphincter function. Br J Surg 1989 ; 76 : 973–5.
[13] Leroi AM, Berkelmans I, Touchais JY, Czernichow P, Weber J, Denis P. Analyse multifactorielle des signes cliniques, des paramètres de la manométrie anorectale, de la défécographie, du temps de transit des marqueurs radiopaques chez 76 patients se plaignant d'incontinence anale. Gastroenterol Clin Biol 1993 ; 17 : 116–20.

Chapitre 13

Tests électrophysiologiques périnéaux

A.-M. Leroi

Les tests électrophysiologiques périnéaux doivent faire partie du bilan des troubles fonctionnels anorectaux dès lors qu'une cause neurologique centrale ou périphérique est suspectée. Ils permettent d'orienter le diagnostic vers une cause neurologique, d'apprécier la gravité des lésions et de donner un pronostic sur l'évolution future et, dans certains cas, d'orienter la thérapeutique. Les tests électrophysiologiques périnéaux regroupent deux catégories d'examens :

- ceux qui explorent les atteintes neurologiques périphériques (neuropathie, atteinte plexique, radiculaire, syndrome de la queue de cheval…), tels que l'électromyogramme, la mesure du temps de latence terminale motrice du nerf pudendal, le réflexe bulbo(clitorido)-caverneux ;
- ceux qui explorent les atteintes neurologiques centrales (sclérose en plaques, accident vasculaire cérébral, lésion tumorale, vasculaire ou dégénérative médullaire ou supramédullaire…), tels que les potentiels évoqués somesthésiques et moteurs.

Dans ce chapitre, la technique et l'interprétation de chacun de ces examens sont détaillées, puis les indications des tests électrophysiologiques dans les troubles anorectaux sont présentées.

Électromyogramme des muscles périnéaux (EMG)

Technique

L'électromyogramme (EMG) des muscles périnéaux concerne les muscles striés, l'EMG des muscles lisses (sphincter anal interne) étant techniquement réalisable mais effectué, en pratique, dans le cadre d'une activité de recherche. La fonction musculaire est généralement étudiée à l'aide d'électrodes aiguilles concentriques à usage unique. Les enregistrements sont pratiqués dès l'insertion de l'aiguille, muscle au repos, puis à niveau croissant de contraction musculaire jusqu'à une contraction maximale. En l'absence de contraction volontaire, il est possible d'interpréter l'EMG au cours de la contraction réflexe générée par l'insertion de l'aiguille ou par la toux [1]. Il est nécessaire d'effectuer un EMG des cadrans droit et gauche du sphincter anal externe afin de ne pas méconnaître une lésion unilatérale des nerfs, racines ou plexus sacrés.

Les enregistrements EMG, avec électrodes de surface collées sur le muscle à enregistrer, sont utilisés pour la mesure des vitesses de conduction ou pour l'enregistrement de la relaxation des muscles périnéaux (silence électromyographique) lors des efforts de défécation (étude de la synergie rectosphinctérienne). Jusqu'à présent, seul l'EMG réalisé à l'aide d'une aiguille concentrique permet le diagnostic d'atteintes neurogène ou myogène. Cependant, des techniques d'EMG utilisant une série d'électrodes de surface, réparties tout le long du canal anal, permettraient d'individualiser les potentiels d'unités motrices, de déterminer leur origine, leur fréquence de battement, etc. Leur utilisation reste encore limitée à certains laboratoires de recherche.

Interprétation

L'EMG, avec une aiguille concentrique, permet de diagnostiquer les lésions neurologiques périphériques, avec atteinte du motoneurone depuis la corne antérieure de la moelle jusqu'au muscle cible. Toutefois, pour qu'une atteinte neurologique périphérique se traduise par des anomalies électromyographiques, il faut que l'axone soit lésé. Ainsi, un patient ayant une neuropathie avec atteinte de la myéline isolée (syndrome du canal carpien, par exemple) peut, au moins au stade précoce de la maladie, avoir un électromyogramme normal. L'EMG avec aiguille concentrique permet également de diagnostiquer une atteinte myogène. Cette situation est peu fréquente, lorsque l'EMG est indiqué dans le cadre de l'exploration de troubles anorectaux.

Activité spontanée

Le sphincter anal est un muscle tonique qui a donc une activité EMG spontanée au repos. L'identification d'activités spontanées anormales au repos, telles que les potentiels de fibrillation, les décharges répétitives complexes, signe une dénervation. En cas de doute, il est important de confirmer la présence de cette activité anormale de repos dans un autre muscle périnéal que le sphincter anal externe, par exemple le muscle bulbocaverneux [1].

Potentiels d'unité motrice

Le potentiel d'unité motrice (PUM) résulte de la sommation temporelle et spatiale des potentiels d'action des fibres musculaires appartenant à une même unité motrice, c'est-à-dire innervées par une même fibre nerveuse. L'analyse des paramètres des PUMs durant la contraction musculaire, et parfois même au repos dans un muscle tonique (amplitude, durée, surface, nombre de phases, nombre d'alternances, nombre de potentiels satellites…), permet d'orienter le diagnostic électromyographique vers une atteinte neurogène périphérique au stade de la réinnervation (augmentation d'amplitude et de durée, de phases, d'alternances, du nombre de potentiels polyphasiques et de potentiels satellites des PUMs) ou vers une atteinte myogène (diminution d'amplitude et de durée des PUM). Des systèmes automatisés d'analyse des PUMs sont actuellement disponibles dans la plupart des logiciels d'EMG commercialisés. La morphologie des PUMs est différente en fonction de l'âge, du sexe, des antécédents d'accouchements par voie vaginale ou de constipation chronique du patient, mais aussi en fonction de la profondeur de l'insertion de l'aiguille d'EMG dans le sphincter anal [1]. Des valeurs normales pour le sphincter anal externe ont été établies et publiées, mais qui doivent bien sûr tenir compte du type de logiciel d'analyse utilisé [2].

Patterns observés lors de contractions d'intensité croissante ou à contraction maximale

Lorsque la force de contraction musculaire augmente, de nouvelles unités motrices sont recrutées en même temps que les unités actives augmentent leur fréquence de décharge, le niveau maximal étant atteint en contraction maximale. Les analyses réalisées lors de l'augmentation de la force de contraction (*pattern* de décharge) ou lors de la contraction maximale (*pattern* d'interférence) visent à définir le moment où la deuxième unité motrice est recrutée par rapport à celle qui est déjà activée. Lorsqu'il existe une perte d'unités motrices, comme cela est le cas dans les atteintes neurogènes, la deuxième unité motrice n'est recrutée que tardivement par rapport à la première (*pattern* d'interférence diminuée avec augmentation du recrutement temporel des PUMs) (figure 13-1). L'inverse est observé dans les atteintes myogènes.

En résumé, les anomalies électromyographiques évocatrices d'une atteinte neurologique périphérique (avec lésion axonale) comprennent des signes de dénervation (activités de repos spontané anormales et réduction du *pattern* d'interférence avec augmentation du recrutement temporel des PUMs) ou des signes de réinnervation (repousse des fibres nerveuses qui se traduit, en particulier, par une augmentation de l'amplitude, de la durée des PUMs, ainsi que du nombre de potentiels polyphasiques). La neuropathie d'étirement, fréquente chez les patients consultant pour incontinence fécale, est un processus lentement évolutif dans lequel la dénervation est limitée et qui se traduit essentiellement par des signes EMG de réinnervation.

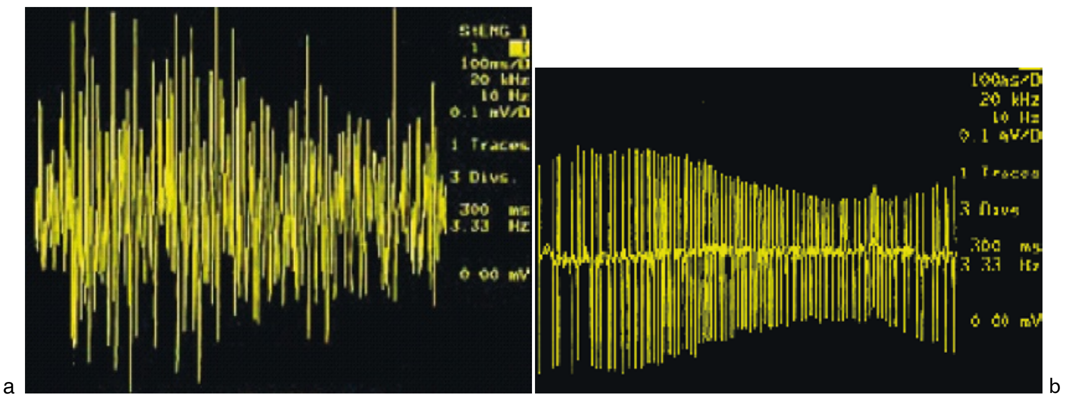


Fig. 13-1. EMG de détection. Analyse visuelle du recrutement des potentiels d'unités motrices (PUMs).
a. Tracé normal interférentiel : il montre un recrutement normal interférentiel lors d'un effort maximal de contraction volontaire.
b. Tracé neurogène, intermédiaire, recrutement temporel : il montre un tracé neurogène avec un recrutement temporel des unités motrices lors d'un effort maximal de contraction volontaire.

Latence terminale motrice du nerf pudendal

Technique

La latence terminale motrice du nerf pudendal consiste à mesurer la réponse motrice du sphincter anal après stimulation du nerf pudendal, à proximité de l'épine sciatique, à travers la paroi rectale (figure 13-2). Pour réaliser cette mesure, une électrode à usage unique, collée sur l'index d'une main gantée, a été créée (électrode du St Mark's) [3]. Elle comporte deux électrodes de stimulation, placées à l'extrémité de l'index, à positionner sur l'épine sciatique et deux électrodes de recueil, placées à la base de l'index, en regard du canal anal, afin de recueillir la réponse sphinctérienne.

Interprétation

La stimulation d'un nerf moteur, comme le nerf pudendal, provoque une contraction du muscle innervé par ce nerf nommé potentiel d'action musculaire. L'interprétation de cette réponse comprend la mesure du temps de latence (temps séparant la stimulation du début du potentiel d'action), ainsi que la mesure de l'amplitude du potentiel d'action. Le temps de latence est allongé en cas d'altération de la conduction du nerf, c'est-à-dire en cas de neuropathie avec atteinte de la myéline. L'amplitude du potentiel d'action est diminuée lorsqu'il existe une neuropathie avec atteinte axonale.

La mesure de la latence motrice du nerf pudendal, effectuée à l'aide de l'électrode du St Mark's, comporte deux problèmes techniques :

- la très courte distance entre le site de stimulation et le site de recueil entraîne un temps de latence de courte durée, parfois responsable d'une lecture difficile du début de la réponse musculaire compris dans l'artéfact de stimulation ;
- étant donné le faible contact entre les électrodes de recueil et le sphincter anal externe (surtout chez des patients incontinents ayant une hypotonie sphinctérienne), il n'est pas possible de tenir compte de l'amplitude du potentiel d'action enregistrée.

Il n'est donc pas possible de savoir s'il existe une atteinte pudendale axonale par l'étude de la réponse anale après stimulation pudendale. Pour ces raisons, d'autres techniques de mesure du temps de latence motrice du nerf pudendal ont été développées. Chez la femme, certains effectuent une stimulation du nerf pudendal à travers la paroi vaginale, avec un recueil de la réponse motrice du sphincter anal externe à l'aide d'électrode de surface ou d'électrode aiguille, ce qui permet d'allonger le temps de latence et donc d'être moins gêné, dans l'interprétation, par l'artéfact de stimulation. Un autre type d'électrode peut être utilisé. Celle-ci permet

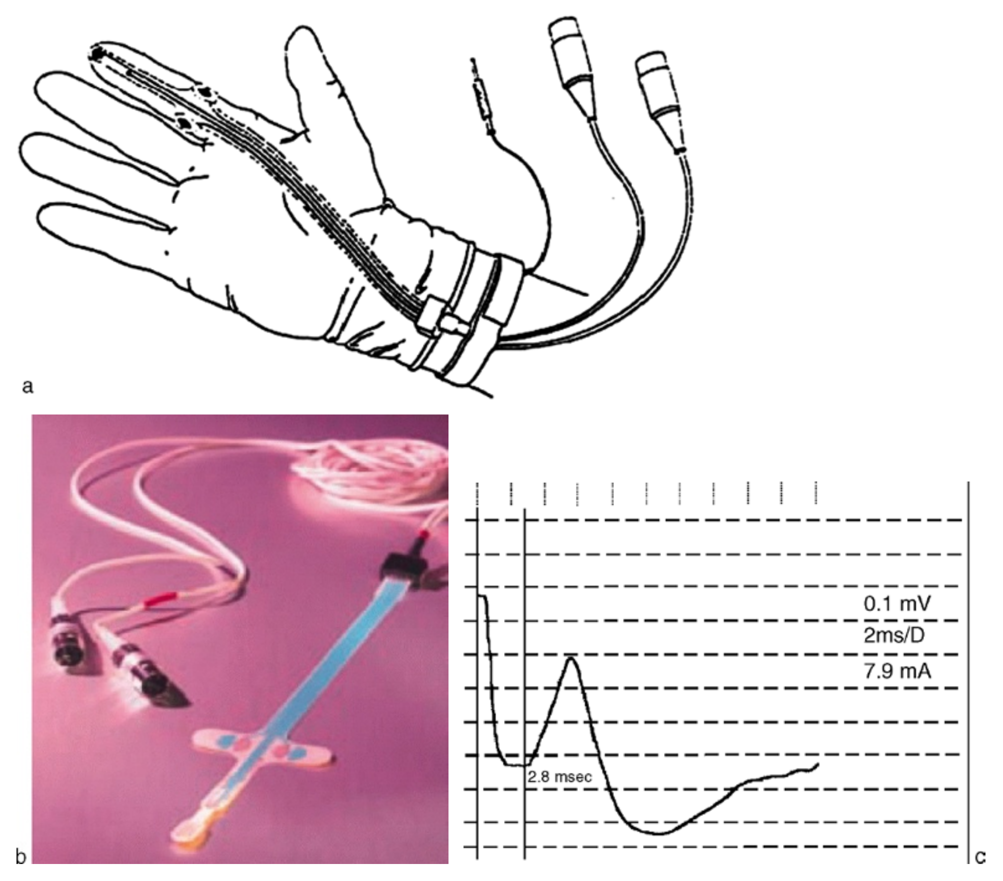


Fig. 13-2. Mesure de la latence terminale du nerf pudendal à l'aide de l'électrode du St Mark's.
a. Électrode du St Mark's fixée sur un doigt ganté.
b. Électrode du St Mark's.
c. Réponse motrice du sphincter anal obtenue à l'aide d'électrode de surface, après stimulation du nerf pudendal par voie transrectale. La latence terminale du nerf pudendal est mesurée entre l'artéfact de stimulation et la réponse anale motrice.

la stimulation intrarectale du nerf pudendal, sans faire de toucher rectal, ce qui améliore la qualité du signal obtenu. Quoi qu'il en soit, les résultats du temps de latence terminale motrice du nerf pudendal dépendent de la technique utilisée.

Réflexe bulbo(clitorido-) caverneux

Technique

L'étude du réflexe bulbo(clitorido)-caverneux consiste à stimuler électriquement la verge, ou le clitoris, à l'aide d'électrodes de contact et à recueillir la réponse du muscle bulbo(clitorido)-caverneux à l'aide d'une électrode aiguille (figure 13-3). Le réflexe bulbo(clitorido)-caverneux peut être observé à l'examen clinique. Mais il a été démontré que son évaluation électrophysiologique était plus sensible que le simple examen clinique [4]. D'autres techniques faisant varier la localisation et le type de stimulation périnéale, ainsi que le recueil de la réponse motrice, ont été décrites. Cependant, compte tenu des difficultés d'interprétation rencontrées, la technique de référence du réflexe bulbo(clitorido)-caverneux reste la stimulation électrique du nerf dorsal de la verge, ou du clitoris, et le recueil dans le muscle bulbocaverneux. Afin d'améliorer la sensibilité de l'examen, certains ont

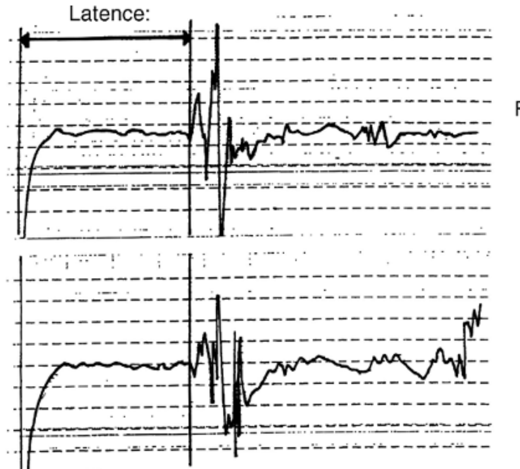


Fig. 13-3. Réflexe bulbo(clitorido)-caverneux.
Réponse motrice obtenue dans le muscle bulbo(clitorido)-caverneux à l'aide d'une électrode aiguille. La latence du réflexe est mesurée entre l'artéfact de stimulation et la réponse motrice.

proposé une stimulation électrique répétée plutôt qu'un simple choc [5].

Interprétation

La mesure du temps de latence, séparant la stimulation du nerf dorsal de la verge (ou du clitoris) et le début de la réponse du muscle bulbocaverneux, permet de suspecter, en cas de réponse absente ou de latence allongée, une atteinte de l'arc réflexe sacré comprenant le nerf dorsal de la verge, les plexus et racines sacrées S1, S2, S3, le cône médullaire terminal et la branche périnéale du nerf pudendal innervant le muscle bulbo(clitorido)-caverneux. Cependant, si l'absence de réponse peut être considérée comme révélatrice d'une atteinte de l'arc réflexe sacré et nécessitant des investigations neurologiques complémentaires pour préciser cette atteinte, la signification clinique de l'allongement de la latence est davantage contestée. La latence du réflexe bulbo(clitorido)-caverneux semble varier en fonction de l'âge et du sexe du sujet, mais pas en fonction de la taille [5]. Enfin, la valeur d'une asymétrie (différence de plus de 3 msec) entre la latence des réflexes droit et gauche ne paraît pas certaine [5].

Potentiels évoqués somesthésiques périnéaux

Technique

Les potentiels évoqués somesthésiques sont obtenus par stimulation électrique transcutanée d'un nerf périphérique et recueil à l'aide d'électrodes aiguilles ou de surface positionnées sur le scalp du sujet en regard de l'aire somesthésique correspondant au territoire stimulé. Pour le périnée, le nerf périphérique utilisé en routine est le nerf dorsal de la verge ou du clitoris, stimulé à une intensité égale à 3 à 4 fois le seuil sensitif de l'individu. Le recueil s'effectue, comme pour le nerf tibial postérieur, entre une électrode active placée au site Cz', au niveau du vertex, et une électrode de référence placée dans la région frontale. Afin d'améliorer la sensibilité des potentiels évoqués somesthésiques périnéaux chez les patients incontinents anaux, des potentiels évoqués enregistrés après stimulation de la branche anale du nerf pudendal ont été décrits [6]. Toutefois, le manque de spécificité et la variabilité d'interprétation des réponses obtenues font que les potentiels évoqués somesthésiques anaux ne sont pas utilisés en routine.

Interprétation

Les potentiels évoqués somesthésiques périnéaux reflètent l'intégrité des voies somatosensitives au niveau périphérique, spinal (voies lemniscales), sous-cortical et cortical. Les paramètres de stimulation utilisés permettent de n'explorer que les fibres myélinisées de gros diamètre à conduction rapide incluant les fibres du toucher, de la sensibilité articulaire mais aussi les fibres afférentes musculaires. Les fibres myélinisées de petit diamètre et non myélinisées, qui véhiculent en particulier la sensibilité douloureuse, ne sont théoriquement pas concernées, alors qu'elles jouent probablement un rôle clé dans certaines pathologies anorectales, en particulier dans les douleurs pelviennes. Pour cette raison, d'autres techniques de stimulation (mécanique) ont été proposées mais ne sont pas encore utilisables en routine. Les potentiels évoqués somesthésiques périnéaux sont un des seuls tests à notre disposition nous permettant d'évaluer les voies nerveuses sensitives périnéales. L'absence de potentiels ou le retard d'apparition de la première réponse (P1) sont en faveur d'une atteinte des voies sensitives depuis le nerf dorsal de la verge (du clitoris) jusqu'au cortex pariétal somesthésique en passant par les voies médullaires cordonales postérieures. Néanmoins, ils sont plus particulièrement performants pour le diagnostic d'une atteinte neurologique centrale médullaire telle que la sclérose en plaques.

Potentiels évoqués moteurs périnéaux

Technique

Une stimulation magnétique du cortex moteur est capable d'activer les voies motrices pyramidales et de déclencher une contraction musculaire du sphincter anal, nommée potentiel évoqué moteur. La stimulation magnétique peut également être appliquée au niveau des racines sacrées avec recueil de la contraction du sphincter anal externe. Le temps de conduction centrale des voies pyramidales est calculé en soustrayant le temps de conduction totale du cortex moteur jusqu'au début de la réponse sphinctérienne du temps de conduction après stimulation des racines sacrées jusqu'au début de la réponse sphinctérienne. La stimulation corticale est effectuée à l'aide d'une bobine double en casque spécialement adaptée pour la stimulation de l'aire motrice corticale inter-hémisphérique, correspondant au périnée. Le recueil de la réponse sphinctérienne motrice est le plus souvent effectué à l'aide d'un EMG aiguille ou électrodes de contact. Néanmoins, ce type de recueil pose le problème de l'artéfact de stimulation, surtout lorsque la stimulation magnétique est effectuée au niveau sacré. De plus, l'activité tonique du sphincter anal externe rend parfois difficile l'interprétation de la réponse après stimulation corticale et lombaire. Il est également possible de recueillir la réponse du sphincter anal en enregistrant les pressions anales à l'aide d'une sonde intracanalaire, ce qui permet d'éviter ces inconvénients concernant le recueil de la réponse anale.

Interprétation

Les potentiels évoqués moteurs anaux, après stimulation corticale et lombosacrée, reflètent respectivement l'intégrité des voies pyramidales centrales et périphériques, responsables du contrôle des muscles striés pelviens. Lorsqu'il existe une altération de la commande des muscles périnéaux, les potentiels évoqués moteurs permettent de dépister une atteinte neurologique centrale (lésion médullaire) ou périphérique (radiculaire) responsable de cette altération [7]. Les potentiels évoqués moteurs anaux permettent également d'évaluer les capacités de contraction du sphincter anal externe, en se dédouanant de la participation du sujet. Ainsi, lorsqu'il est impossible d'obtenir une contraction volontaire anale chez un patient, alors que le sphincter est anatomiquement respecté, l'obtention d'une réponse motrice anale normale après stimulation corticale peut orienter le diagnostic vers un défaut de commande d'origine comportementale [8].

Indications

Incontinence anale

Les tests électrophysiologiques périnéaux permettent de répondre aux questions suivantes.

L'incontinence est-elle d'origine neurologique ?

L'incontinence anale est une pathologie fréquente, souvent multifactorielle. Parmi les causes d'incontinence anale, les pathologies neurologiques ne sont pas rares. Ainsi, dans une population de 287 patients consultant consécutivement pour incontinence anale, dans un centre tertiaire, nous avons retrouvé une pathologie neurologique centrale, connue ou périphérique, identifiée comme cause principale de l'incontinence dans 14 % des cas [9].

Pour faire le diagnostic de neuropathie périphérique (par exemple, neuropathie diabétique, neuropathie d'étirement, neuropathie toxique…), les tests électrophysiologiques doivent inclure au minimum un EMG des muscles périnéaux (sphincter anal externe et bulbocaverneux le plus souvent) pour rechercher une neuropathie axonale, ainsi qu'un temps de latence terminale du nerf pudendal, une neuropathie avec atteinte de la myéline. Au contraire de l'EMG, la mesure du temps de latence terminale du nerf pudendal ne semble pas corrélée avec les données cliniques et manométriques des patients incontinents anaux. Ces résultats ont conduit l'Association américaine de gastroentérologie à ne pas conseiller la réalisation de ce test dans le bilan de l'incontinence anale [10]. Toutefois, comme nous l'avons vu plus haut, le temps de latence terminale du nerf pudendal peut apporter des renseignements complémentaires de l'EMG, mais ne doit pas être interprété de façon isolée dans le bilan d'un patient incontinent.

Les potentiels évoqués somesthésiques et moteurs permettent d'effectuer le diagnostic de maladie neurologique centrale. Une absence ou un allongement de la latence des réflexes bulbo(clitorido)-caverneux est en faveur d'une atteinte périphérique, mais cette fois-ci plexique ou tronculaire. Il peut également s'agir d'une lésion centrale intéressant le cône médullaire terminal. Peu d'études rapportent les résultats de la mesure du réflexe bulbo(clitorido-)caverneux dans le bilan de l'incontinence anale. Certains ont pourtant souligné l'intérêt de ce test pour le diagnostic des lésions plexiques secondaires à un accouchement traumatique [11].

Lorsqu'il existe une pathologie neurologique connue, est-elle responsable de l'incontinence anale ?

Lorsqu'une incontinence anale apparaît chez un patient ayant une pathologie neurologique connue, les tests électrophysiologiques périnéaux permettent de savoir si l'incontinence anale est secondaire à la pathologie neurologique ou à un autre problème (accouchement traumatique, trouble de la statique pelvienne, diarrhée dans le cadre d'un syndrome de l'intestin irritable…) nécessitant une prise en charge adaptée.

Quelle est la gravité de l'atteinte neurologique et quel est son pronostic ?

Une altération sévère des tests électrophysiologiques périnéaux est un facteur de mauvais pronostic en faveur d'une récupération de l'incontinence anale secondaire à la maladie neurologique. Par exemple, une absence complète de réflexes bulbo(clitorido)-caverneux chez un patient ayant un syndrome de la queue de cheval n'est pas en faveur d'une récupération spontanée de la fonction anorectale.

Quel traitement proposer lorsqu'il existe une pathologie neurologique responsable de l'incontinence anale ?

Lorsqu'il existe une neuropathie pudendale d'étirement participant à l'incontinence anale, la valeur des tests électrophysiologiques périnéaux, afin orienter le traitement, reste discutée. Pour certains, l'existence d'une neuropathie pudendale (évaluée le plus souvent, dans les publications, par

le seul temps de latence du nerf pudendal dont nous avons vu les limites) peut être un facteur de mauvais pronostic du *biofeedback* [12] et/ou d'une réparation sphinctérienne [13], ce qui est contesté par d'autres [14]. Enfin, l'existence d'une atteinte neurologique périphérique plexique ou tronculaire peut être un facteur de bon pronostic en faveur d'une stimulation des racines sacrées, mais cela reste à confirmer.

Constipation

La constipation distale se traduit par des difficultés d'évacuation des matières, pouvant être secondaire à un anisme ou à une dyssynergie rectosphinctérienne, définie comme la contraction paradoxale des muscles périnéaux, en particulier du sphincter anal externe, lors des efforts de défécations. Un EMG du sphincter anal externe enregistré à l'aide d'électrodes cutanées de surface ou d'électrodes aiguilles, permet d'objectiver une augmentation d'activité électromyographique anormale lors des efforts de poussée, évocatrice d'anisme. Parmi les méthodes d'électromyographie, il semble que l'utilisation d'électrodes de surface intracanalaires (montées sur une sonde ou un diabolo) soit plus fiable pour effectuer le diagnostic d'anisme. Quoi qu'il en soit, quelle que soit la méthode utilisée, il est important de vérifier que l'anomalie observée est reproductible dans le temps et ne correspond pas à une simple inhibition liée à l'examen, d'où l'intérêt d'effectuer des évaluations répétées par des moyens différents (manométrie anorectale, expulsion de ballonnet, etc.).

Lorsque le diagnostic d'anisme ou de dyssynergie est posé, les tests électrophysiologiques permettent d'orienter vers une origine neurologique centrale (sclérose en plaques, lésions médullaires vasculaires, traumatique, tumorale, maladie de Parkinson, etc.) ou comportementale accessible au biofeedback. En particulier, une contraction volontaire du sphincter anal externe et une sensibilité périnéale normales couplées à des potentiels évoqués moteurs et somesthésiques périnéaux normaux sont très en faveur d'une origine comportementale aux troubles anorectaux observés [8].

Douleurs périnéales

Chez un patient souffrant de douleurs chroniques ayant les caractéristiques cliniques d'une douleur neurogène (brûlures, fourmillements, décharges électriques, allodynie, hyperpathie…), les tests électrophysiologiques périnéaux permettent la recherche de lésions neurologiques centrale ou périphérique à l'origine des douleurs. Cependant, la place des tests électrophysiologiques pour l'exploration des douleurs périnéales a surtout été décrite dans le cadre des névralgies pudendales d'origine canalaire (syndrome du canal d'Alcock). Il s'agit de douleurs périnéales chroniques générées par la souffrance du nerf pudendal dans une zone d'étroitesse anatomique, au niveau de la pince ligamentaires formée entre les ligaments sacro-épineux et sacrotubéreux ou dans un dédoublement de l'aponévrose du muscle obturateur interne qui forme le canal d'Alcock. Deux tests peuvent avoir un intérêt pour le bilan de ces névralgies :

- l'électromyographie des muscles bulbocaverneux et du sphincter anal, tous deux innervés par le nerf pudendal ;
- l'étude des conductions nerveuses pudendales avec mesure de la latence motrice du nerf pudendal.

Toutefois, la rentabilité de ces tests pour le diagnostic de syndrome du canal d'Alcock est décevante compte tenu de leur faible sensibilité et spécificité [15]. Cela peut s'expliquer par le fait que :

- les explorations électrophysiologiques réalisées en routine ne concernent que le contingent moteur et non pas sensitif, qui est pourtant le plus précocement atteint dans ces névralgies ;
- les anomalies motrices rencontrées sont fréquentes, secondaires à un périnée descendu, à des accouchements difficiles, à des troubles de la statique périnéale, etc. ;
- il existe d'importantes variations concernant le site exact de compression du nerf pudendal ou de ses ramifications.

Les explorations électrophysiologiques peuvent néanmoins être utiles pour éliminer une autre cause neurologique aux douleurs périnéales du patient (atteinte plexique, tronculaire avec allongement du réflexe bulbo(clitorido)-caverneux),

ainsi que pour rechercher des facteurs prédictifs négatifs avant une intervention de décompression du nerf pudendal (une dénervation périnéale sévère serait un facteur de mauvais pronostic en faveur d'une récupération après chirurgie de décompression) [15].

Conclusion

Les tests électrophysiologiques du périnée sont nécessaires pour l'évaluation des troubles anorectaux possiblement d'origine neurologique. Effectués par des neurophysiologistes confirmés, ils apportent des renseignements complémentaires des autres explorations fonctionnelles manométriques et radiologiques. Il est probable que ces explorations électrophysiologiques prennent également une place plus importante pour les choix thérapeutiques d'avenir (stimulation sacrée, sphincter artificiel, culture cellulaire, etc.).

Références

[1] JP. Neurophysiological testing in anorectal disorders. Muscle Nerve 2006; 33 : 324–33.
[2] Podnar S, Zalewska E, Hausmanowa-Petrusewicz. Evaluation of the complexity of motor unit potentials in anal sphincter electromyography. Clin Neurophysiol 2005; 116 : 948–56.
[3] Rogers J, Henry MM, Misiewicz JJ. Disposable pudendal nerve stimulator : evaluation of the standard instrument and new device. Gut 1988; 29 : 1131–3.
[4] Wester C, Fitzgerald MP, Brubaker L, Welgoss J, Benson JT. Validation of the clinical bulbo-cavernosus reflex. Neurourol Urodyn 2003; 22 : 589–91.
[5] Podnar S. Neurophysiologic studies of the penile-cavernosus reflex : normative data. Neurourol Urodyn 2007; 26 : 864–9.
[6] Delechenault P, Leroi AM, Bruna T, Denis P, Weber J. Cerebral potentials evoked by electrical stimulation of the anal canal. Dis Colon Rectum 1993; 36 : 55–60.
[7] Schmid DM, Curt A, Hauri D, Schurch B. Motor evoked potentials and evoked pressure curves from the urethral compressive musculature by functional magnetic stimulation in healthy volunteers and patients with neurogenic incontinence. Neurourol Urodyn 2005; 24 : 117–27.
[8] Berkelmans I, Leroi AM, Weber J, Denis P. Faecal incontinence with transitory absence of anal contraction in two sexually or physically abused women. Europ J Gastroenterol Hepatol 1996; 8 : 235–38.
[9] Demirci S, Gallas S, Bertot-Sassigneux P, Michot F, Denis P, Leroi AM. Anal incontinence : the role of medical management. Gastroenterol Clin Biol 2006; 30 : 954–60.
[10] Barnett JL, Hasler WL, Camilleri M. American Gastroenterological Association medical position statement on ano-rectal testing techniques. Gastroenteroloy 1999; 116 : 732–60.
[11] Ismael SS, Amarenco G, Bayle B, Kerdraon J. Postpartum lumbosacral plexopathy limited to autonomic and perineal manifestations : clinical and electrophysiological study of 19 patients. J Neurol Neurosurg Psychiatry 2000; 68 : 771–3.
[12] Leroi AM, Dorival MP, Lecouturier MF, Saiter C, Welter ML, Touchais JY, Denis P. Pudendal neuropathy and severity of incontinence but not presence of an anal sphincter defect may détermine the response to biofeedback therapy in fecal incontinence. Dis Colon Rectum 1999; 42 : 762–9.
[13] Gilliland R, Altomare DF, Moreira H Jr, Oliveira L, Gilliland JE, Wexner SD. Pudendal neuropathy is predictive of failure following anterior overlapping sphincteroplasty. Dis Colon Rectum. 1998; 41 : 1516–22.
[14] Chen AS, Luchtefeld MA, Senagore AJ, Mackeigan JM, Hoyt C. Pudendal nerve latency. Does it predict outcome of anal sphincter repair? Dis Colon Rectum 1998; 41 : 1005–9.
[15] Lefaucheur JP, Labat JJ, Amarenco G, Herbaut AG, Prat-Pradal D, Benaim J et al. What is the place of electroneuromyographic studies in the diagnosis and management of pudendal neuralgia related to entrapment syndrome? Neurophysiol Clin 2007; 37 : 223–8.

Chapitre 14

Imagerie fonctionnelle périnéale

H. Damon, F. Mion

La pathologie fonctionnelle du périnée constitue un problème de santé majeur. Le retentissement de ces pathologies sur la qualité de vie personnelle, familiale et sociale est majeur.

Sa prise en charge moderne repose sur une approche globale du périnée et nécessite une concertation multidisciplinaire : gynécologue, gastro-entérologue, urologue, chirurgien digestif, rééducateur et radiologue.

Cette approche multidisciplinaire est actuellement rendue possible par les progrès importants de l'imagerie fonctionnelle du périnée, grâce à trois examens qui reflètent cette conception globale du périnée : l'IRM dynamique, la colpocystodéfécographie et l'endosonographie anale.

Les explorations doivent répondre à plusieurs questions :

- détecter les anomalies morphologiques ;
- rechercher les associations lésionnelles ;
- identifier les éléments pronostiques ;
- choisir les thérapeutiques les plus adaptées.

L'imagerie fonctionnelle périnéale a donc un rôle capital dans le diagnostic et la prise en charge de ces patients. Mais ce rôle est difficile, car dans de nombreux cas, une connaissance approfondie de la pathologie périnéale et de la sémiologie est nécessaire pour pouvoir interpréter l'imagerie. En effet, la sémiologie morphologique est particulièrement riche et il est souvent difficile de corréler les données de l'imagerie aux symptômes.

Anatomie fonctionnelle du périnée

Le pelvis est divisé en trois compartiments, le compartiment antérieur urinaire contenant la vessie et l'urètre, le compartiment moyen gynécologique contenant l'utérus et le vagin, et le compartiment postérieur digestif contenant l'anus et le rectum. Ces trois compartiments doivent répondre à plusieurs impératifs :

- solidité de l'arrimage pour éviter toute fuite dans la vie quotidienne ;
- grande plasticité pour répondre aux nécessités de la grossesse et de l'accouchement ;
- permettre la miction et la défécation.

Le plancher pelvien réunit toutes les structures qui ferment la partie inférieure du bassin. Il comporte un système de soutien actif et un système de soutien passif. Les muscles élévateurs de l'anus sont l'élément principal du soutien actif. Ils se composent de deux portions :

- portion puborectale, sphinctérienne qui délimite le hiatus urogénital. Le muscle puborectal (figure 14-1) est un muscle en fer à cheval, dont chaque extrémité s'insère à la symphyse pubienne. Il sangle l'urètre, le vagin et le canal anal avec lequel il échange des fibres avec le faisceau profond du sphincter externe. Il permet donc lors de sa contraction l'élévation de ces structures et une fermeture du hiatus pelvien, en déterminant le phénomène de la continence. Lors d'une augmentation brutale de

Les Explorations fonctionnelles digestives

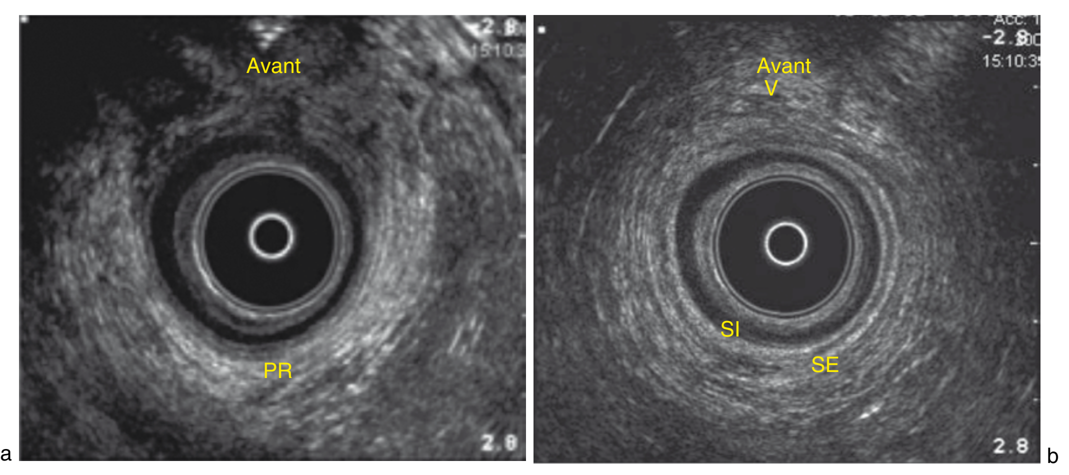


Fig. 14-1. Échographie endo-anale normale.
a. Coupe au niveau du muscle puborectal. Le puborectal forme un « U » hyperéchogène ouvert en avant.
b. Coupe au niveau de la partie médiane. PR : puborectal; SI : sphincter interne : forme un anneau hypoéchogène homogène; SE : sphincter externe : forme un anneau hétérogène, hyperéchogène.

pression intra-abdominale lors d'un effort ou de la toux, le muscle puborectal se contracte par réflexe spinal ce qui maintient et stabilise le canal anal. Inversement, son relâchement est indispensable pour la miction et la défécation physiologiques;
- portion coccygienne, qui ferme le plancher pelvien en arrière.

Les systèmes de soutien passif sont représentés par le pelvis osseux (branches du pubis, ischion, sacrum) et par du tissu conjonctif (ligaments, tendons, fascias). Le fascia endopelvien correspond à un groupe hétérogène de tissus réunissant du collagène, de l'élastine, des fibres musculaires lisses, des vaisseaux sanguins et des nerfs.

La vessie est faite exclusivement de fibres musculaires lisses et comporte deux parties :
- le dôme vésical ou détrusor, souple, mobile, expansif, est la partie réservoir chargée du stockage et de l'expulsion des urines;
- la base vésicale, fixe et compacte, est la partie où les uretères et l'urètre s'ouvrent.

Le col et les trois quarts proximaux de l'urètre féminin comprennent des fibres musculaires lisses et striées qui constituent le dispositif sphinctérien de la vessie.

L'appareil sphinctérien anal est composé du sphincter interne (SI) et du sphincter externe (SE). Le SI lisse est une prolongation vers le bas des fibres circulaires du rectum, sur une hauteur de 3 à 5 cm et une épaisseur de 1 à 2 mm. Le SE est constitué d'un anneau de 8–10 mm d'épaisseur et 3 à 5 cm de haut.

Définitions et standardisation de l'examen clinique périnéal

L'interprétation de l'imagerie fonctionnelle du périnée nécessite une connaissance approfondie des données de l'examen clinique. En effet, les anomalies morphologiques sont nombreuses et il est important d'identifier celles réellement à l'origine des symptômes.

Définitions des prolapsus

À l'étage antérieur

La colpocèle antérieure correspond à un bombement postérieur de la paroi vaginale antérieure dans la lumière du vagin. En pratique, elle correspond pratiquement exclusivement à la cystocèle.

Exceptionnellement, il peut s'agir d'un prolapsus entérique ou elle peut être inhabitée.

La cystocèle peut correspondre soit à une cervicoptose (descente du col vésical), soit à une cervicocystoptose (descente du col et de la base de la vessie).

À l'étage moyen

L'hystérocèle est un abaissement du col utérin. La trachéloptose correspond à une descente du col utérin dans le cadre d'une hystérectomie subtotale.

À l'étage postérieur

La colpocèle postérieure est une hernie de la paroi postérieure du vagin. Elle correspond soit à une rectocèle (hernie de la paroi rectale antérieure), soit à une élytrocèle. L'élytrocèle est une hernie du cul-de-sac de Douglas dans la cloison rectovaginale. Si cette hernie contient de l'intestin grêle, il s'agit d'une entérocèle. Si cette hernie contient du côlon sigmoïde, il s'agit d'une sigmoïdocèle. La rectocèle est une hernie de la paroi antérieure du rectum.

Le prolapsus rectal correspond à une invagination de la paroi rectale en doigt de gant, il peut être extériorisé ou non.

Le périnée descendant correspond cliniquement à l'abaissement, lors de la poussée du plan cutané, du périnée postérieur.

Classifications

Deux classifications dominent la pratique quotidienne, la classification POPQ [1] et la classification en cinq stades (0 à 4) (encadré 14-1). En théorie, seule la classification POPQ devrait actuellement être utilisée, néanmoins du fait de sa complexité, la classification en cinq stades demeure la classification la plus employée en pratique courante.

Encadré 14-1

Classification des prolapsus en 5 stades

- Stade 0 : pas de prolapsus
- Stade 1 : prolapsus intravaginal
- Stade 2 : prolapsus atteignant la vulve, mais non extériorisé
- Stade 3 : prolapsus extériorisé
- Stade 4 : éversion complète

Techniques d'imagerie et réalisation de l'examen

Les techniques d'imagerie comportent l'endosonographie anale (EEA), l'IRM dynamique pelvienne (IRMd) et la colpocystodéfécographie (CDD), également appelée viscérogramme pelvien.

Seront présentés la méthode et les principaux résultats de ces différents examens chez le sujet normal et chez le patient symptomatique.

Quel que soit l'examen réalisé, un interrogatoire complet et précis est nécessaire avant de réaliser les examens complémentaires.

Échographie endo-anale (EEA)

L'EEA est actuellement la technique d'imagerie de référence pour attester de l'intégrité ou non du sphincter anal.

La très grande majorité des études publiées concernant l'échographie du sphincter anal sont réalisées avec le même type d'équipement : transducteur mécanique de 7,5 à 10 MHz en rotation sur une sonde rigide par voie endo-anale fournissant une image sur 360° du sphincter centré sur sa lumière. Les sondes rigides aveugles permettent plus facilement de rester dans l'axe du canal anal et ainsi d'analyser au mieux l'appareil sphinctérien. La voie d'exploration la plus utilisée est la voie endo-anale. Néanmoins, la supériorité de tel ou tel équipement n'a pas été démontrée. Par ailleurs, certains auteurs proposent d'explorer le sphincter anal par voie transpérinéale ou endovaginale. Les sondes linéaires électroniques et les écho-endoscopes souples, dédiés à l'exploration du côlon, peuvent également fournir une imagerie du sphincter anal.

L'EEA est réalisée sans préparation ni prémédication. Le patient est habituellement installé en décubitus latéral gauche ; certaines équipes recommandent le décubitus ventral, d'autres le

décubitus dorsal. Le canal anal est étudié de haut en bas. Par convention, l'avant est situé en haut de l'image. Est décrit l'aspect mis en évidence lors d'un examen réalisé par voie endo-anale avec une sonde rigide Bruel & Kjaer, utilisant un transducteur mécanique. Des images transversales étagées perpendiculaires au canal anal sont réalisées. L'orientation des images peut se faire soit en quadrants (antérieur D et G; postérieur D et G), soit en divisions horaires.

IRM pelvienne dynamique (IRMd)

L'intérêt récent pour l'IRMd dans l'étude du plancher pelvien est dû aux multiples avantages que cette technique présente par rapport au seul examen clinique et par rapports aux autres techniques d'imagerie utilisées jusqu'alors (cystographie, défécographie). En effet, l'IRMd est non irradiante, indolore, peu invasive, reproductible. De plus, en un seul examen, elle apporte des renseignements sur les quatre compartiments (urinaire, génital, péritonéal et proctologique). Elle permet également une approche précise de l'anatomie du sphincter. Elle a l'avantage de pouvoir explorer les trois plans de l'espace. Les études anatomiques du canal anal sont réalisées en T1, T2, en T1 gadolinium avec ou sans antenne endorectale.

Le patient n'est pas à jeun. Cet examen est réalisé en décubitus dorsal, ce qui représente une limite par rapport à la position habituelle de la miction et de la défécation. Il n'existe pas de contre-indication particulière à cet examen en dehors des contre-indications classiques de l'IRM. L'examen est alors réalisé au repos, en retenue, en poussée et en évacuation. Dans ce domaine, l'IRMd pelvienne devrait s'imposer en raison de sa simplicité, de l'absence d'irradiation et de la qualité des images obtenues.

Colpocystodéfécographie (CDD)

La CDD est un examen radiologique consistant à l'évaluation structurale, fonctionnelle et cinétique de la région anorectale lors de l'évacuation volontaire d'un produit de contraste baryté sous contrôle radiologique. La CDD est aujourd'hui le plus souvent réalisée avec une quadruple opacification de l'ampoule rectale, du sigmoïde, du vagin et des anses iléales. Elle permet d'évaluer la fonction d'évacuation du bol fécal dans des conditions relativement proches des conditions physiologiques (position assise). L'aspect de la paroi rectale, la position de la jonction anorectale, l'ouverture du canal anal, l'empreinte du puborectal et ses modifications doivent être analysés. La CDD doit également comporter trois étapes :

- première étape avant évacuation (repos et contraction volontaire);
- deuxième étape lors de l'évacuation;
- troisième étape après évacuation.

Les critères de normalités ont été établis à partir de plusieurs études chez le volontaire sain.

Résultats normaux

Échographie endo-anale (EEA)

Trois coupes doivent être systématiquement individualisées. La première coupe se situe au niveau du muscle puborectal. En effet, il s'agit d'un repère fondamental (*cf.* figure 14-1a) et il doit être systématiquement décelé. Il correspond à la limite supérieure du sphincter anal. Il forme un « U » ouvert en avant, discrètement hyperéchogène et hétérogène. Il permet d'orienter la sonde d'échographie en matérialisant l'axe antéropostérieur. La deuxième coupe obligatoire se situe au niveau de la partie médiane de l'appareil sphinctérien (*cf.* figure 14-1b). À ce niveau, il est possible d'individualiser l'ensemble muqueuse/sous-muqueuse, le sphincter interne et le sphincter externe. L'ensemble muqueuse et sous-muqueuse correspond à la première couche hyperéchogène située directement au contact de la sonde. Le sphincter interne correspond à la première couche hypoéchogène homogène. L'épaisseur du sphincter interne est de 1,5 à 3 mm. L'interprétation du sphincter externe est plus délicate. L'aspect admis par la plupart des auteurs, décrit dans l'article princeps de Sultan [2], correspond à un anneau de 10 à 20 mm d'épaisseur d'échostructure hétérogène,

concentrique, globalement hyperéchogène, localisé entre le sphincter interne, toujours facilement reconnaissable en dedans, et le tissu cellulograisseux de la fosse ischiorectale. Le tissu cellulograisseux péri-anal des fosses ischiorectales est d'échostructure hétérogène, discrètement hyperéchogène. Les limites entre ces deux tissus sont souvent relativement imprécises. Dans certains cas, en particulier chez l'homme, il est possible de différencier la couche longitudinale du sphincter externe. Enfin, la troisième coupe obligatoire est réalisée au niveau de la partie inférieure de l'appareil sphinctérien; à ce niveau, seul persiste le sphincter externe. Chez la femme, le sphincter externe peut être incomplet dans sa portion antérieure et supérieure, cet aspect est bien mis en évidence par l'EEA. Aussi cet aspect anatomique de la partie antérosupérieure du sphincter externe chez la femme ne doit pas être interprété à tort comme un défect.

IRM dynamique pelvienne (IRMd)

L'examen IRMd doit comporter deux phases statique et dynamique. La phase statique permet l'étude du plancher pelvien (muscles, ligaments), la recherche d'une pathologie organique (masse…), la recherche d'une pathologie associée (fibrome…). La phase dynamique recherche les prolapsus et permet leur stadification.

Lors de l'exploration dynamique, la ligne pubococcygienne (LPC) sert de repère fixe de référence. Elle s'étend de la pointe inférieure du pubis à la dernière articulation sacrococcygienne visible.

Au repos, chez le sujet sain (figure 14-2) :

- le col vésical et le col utérin se projettent au-dessus de la ligne LPC (en moyenne 25 ± 10 mm pour le col vésical);
- le bord postérieur du canal anal reste à moins de 25 mm en dessous de la LPC;
- la distance entre le bord inférieur du pubis et le bord postérieur du canal anal (hiatus urogénital) est de l'ordre de 5 ± 1,5 cm;
- le cul-de-sac de Douglas est au-dessus de la LPC. Il est généralement retrouvé grâce à son contenu graisseux, entre l'utérus en avant et le rectum en arrière.

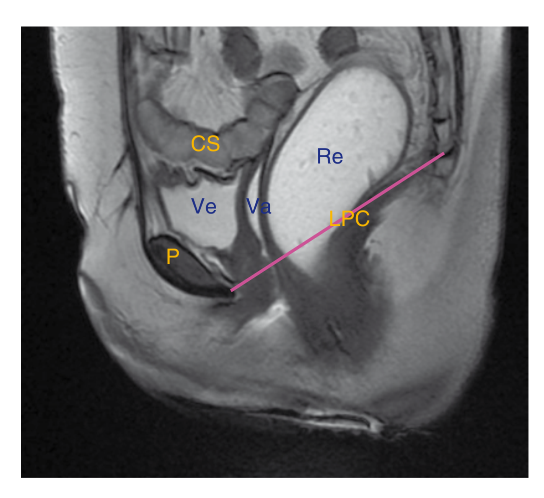


Fig. 14-2. IRM dynamique pelvienne : clichés normal au repos, coupe sagittale.
P : pubis; Ve : vessie; Va : vagin; Re : rectum; CS : côlon sigmoïde; LPC : ligne pubococcygienne.

En retenue, le releveur de l'anus se contracte, ce qui se traduit par une fermeture de l'angle anorectal.

En poussée et lors de l'exonération, chez les patients sans dysfonction du plancher pelvien :

- l'angle anorectal s'ouvre;
- le rectum se place dans l'axe du canal anal;
- le muscle puborectal se relâche en même temps que le sphincter externe, et le passage des selles doit être possible;
- le cul-de-sac de Douglas reste au-dessus de la LPC.

Colpocystodéfécographie (CDD)

La LPC peut également être prise comme repère. Le bord inférieur des ischions est également un repère retenu par de nombreuses équipes.

Au repos, la jonction anorectale doit être au niveau de la LPC ou juste au-dessous, le canal anal doit être fermé et continent.

Lors de la poussée volontaire, il existe normalement une relaxation du muscle puborectal avec une ouverture de l'angle anorectal, associée à une descente modérée (< 3 cm) de la jonction anorectale par rapport aux bords inférieurs des ischions. Lors de la contraction volontaire, il existe une fermeture de l'angle anorectal, avec ascension de la

jonction anorectale. La mesure de l'angle anorectal est possible, mais est considérée comme non reproductible.

Après l'évacuation, le canal anal se referme, la jonction anorectale et le rectum retrouvent leur position de repos. La qualité de l'évacuation rectale doit être évaluée, physiologiquement le rectum se vide rapidement en deux à trois efforts d'évacuation.

La possibilité d'anomalies radiologiques chez le sujet sain doit être connue. La fréquence de l'intussusception rectale chez des volontaires sains a été étudiée par Shorvon *et al.* [3] : 46 sujets volontaires (25 hommes et 21 femmes) ont eu une défécographie pour déterminer la présence et le type d'intussusception rectale. Dans 50 % des cas, il existait une intussusception intrarectale. Dans 57 % des cas, il existait une rectocèle mesurant de 5 à 15 mm. Ainsi, la mise en évidence d'anomalie radiologique sans manifestation clinique ne doit pas entraîner de prise en charge médicale.

Résultats pathologiques

Échographie endo-anale (EEA)

Défects

L'EEA est actuellement l'examen de référence pour la recherche des défects du sphincter anal. En effet, l'examen clinique périnéal normal ne permet pas d'éliminer un authentique défect [4]. L'EEA permet d'objectiver les défects sphinctériens et de préciser leur localisation, leur extension (en degrés) avec une sensibilité et une spécificité proches de 95 %. La valeur diagnostique de l'EEA a été validée par plusieurs séries chirurgicales. Pour le diagnostic de défect, l'EEA est supérieure à l'électromyogramme. Enfin, la concordance inter- et intra-observateur est également très bonne avec un coefficient kappa de 0,8 pour le diagnostic de défect.

Le diagnostic de défect du sphincter interne (figure 14-3) est le plus souvent facile, il se traduit par une interruption nette de l'anneau musculaire hypoéchogène parfois associé à un épaississement des berges de part et d'autre du défect. Le diagnostic de défect du sphincter externe (figure 14-4) est parfois plus difficile; celui-ci se traduit par une zone hypoéchogène discrètement hétérogène, aux limites floues, qui interrompt la régularité des couches concentriques du complexe musculaire externe.

Les défects peuvent être soit isolés et n'intéresser qu'un seul anneau sphinctérien interne ou externe, soit combinés intéressant alors les deux anneaux simultanément.

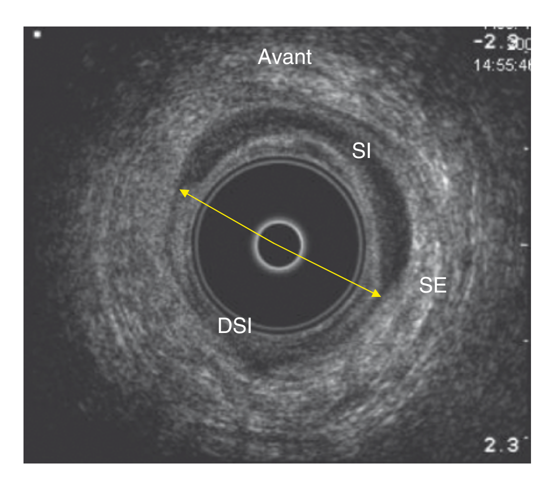


Fig. 14-3. Défect du sphincter interne en EEA.
DSI : défect du sphincter interne, localisé au niveau des quadrants postérieurs droit et gauche et étendu sur environ 180° de la circonférence; SI : sphincter interne restant; SE : Sphincter externe.

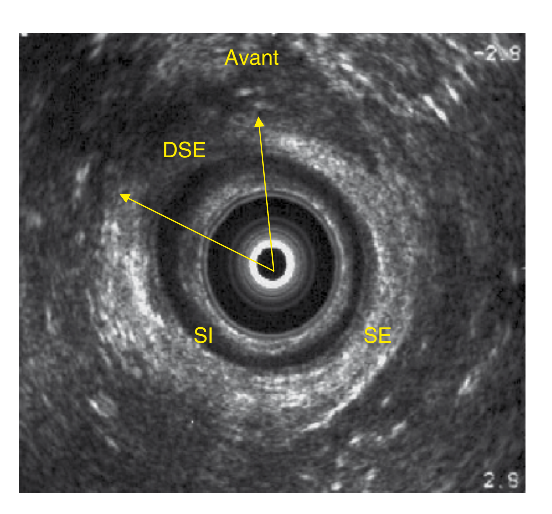


Fig. 14-4. Défect du sphincter externe en EEA.
DSE : défect du sphincter externe, localisé au niveau du quadrant antérieur, étendu sur environ 60° de la circonférence; SI : sphincter interne; SE : sphincter externe normal.

Bien que la fiabilité de l'EEA soit démontrée, il est important de connaître ses limites et la possibilité de faux positifs. Certaines lésions peuvent poser des problèmes d'interprétation. Si l'EEA est réalisée tôt, dans les jours suivants un accouchement, l'œdème périphérique peut déborder sur le SE sous la forme d'un halo hétérogène. Dans le cadre du prolapsus hémorroïdaire et/ou rectal, il existe souvent un épaississement de la sous-muqueuse avec un cône d'ombre secondaire. Ce cône d'ombre situé en regard de l'épaississement peut induire une zone hypoéchogène au niveau du SE et là aussi amener au diagnostic de défect par excès. Dans le cadre du post-partum, il existe souvent une diminution de la distance anovulvaire avec un amincissement de la partie antérieure du SE. Le risque est donc de conclure à un volumineux défect antérieur du SE. Enfin, après interventions chirurgicales itératives (réparation sphinctérienne, cure de suppuration) ou en cas de malformation congénitale, les remaniements tissulaires peuvent être majeurs et rendre compliqués la différenciation entre défect persistant et simple cicatrice.

Atrophie

L'atrophie du sphincter anal est particulièrement difficile à évaluer en échographie endo-anale (figure 14-5), les critères retenus (tableau 14-1) pour le diagnostic d'atrophie sont :

- limite externe avec la graisse péri-anale ;
- échogénicité ;
- épaisseur.

L'échographie endo-anale tridimensionnelle semble pouvoir faire le diagnostic d'atrophie du sphincter externe mais la gradation est probablement difficile [5].

IRM dynamique pelvienne (IRMd)

Troubles de la statique

Les troubles de la statique pelvienne sont très fréquents et peuvent retentir de façon importante sur la fonction pelvienne.

La cystoptose est définie par la descente de la base vésicale sous la LPC. La cervicocystoptose correspond à la descente de la base vésicale et du col

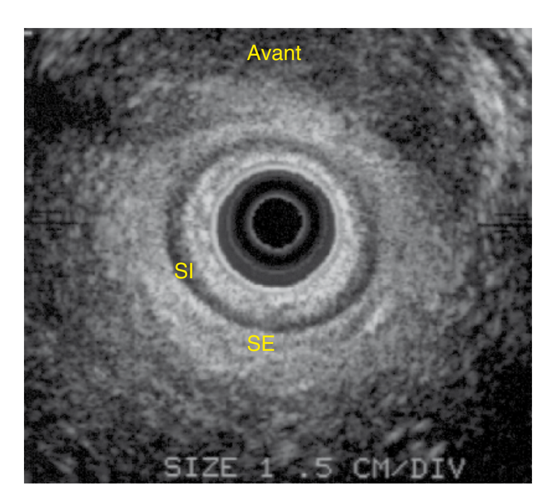


Fig. 14-5. Échographie endo-anale : atrophie du sphincter anal interne et externe.
SI de type atrophique : sphincter hyperéchogène, de faible épaisseur ; SE de type atrophique : limite difficile à visualiser, échostructure hyperéchogène.

Tableau 14-1 Gradation de l'atrophie du sphincter anal externe en EEA.

	Limite	Échogénicité	Épaisseur
Absente	Bien visible	Normale	Normale
Intermédiaire	± visible	Intermédiaire	Intermédiaire
Sévère	Non visible	Hyperéchogénicité	Amincissement majeur

vésical. Ces anomalies radiologiques correspondent cliniquement à une cystocèle, terme qu'il est préférable de réserver aux données de l'examen clinique. La cystoptose est considérée comme modérée si la descente est inférieure à 3 cm, moyenne entre 3 et 6 cm et importante si elle est supérieure à 6 cm.

L'abaissement du cul-de-sac de Douglas sous la LPC correspond à une élytrocèle (figure 14-6) (entérocèle ou sigmoïdocèle en fonction du contenu). Les mesures et les stades qui en découlent sont identiques à ceux utilisés pour la vessie.

La rectocèle (figure 14-7) est définie par une distance supérieure à 3 cm entre le bord antérieur du rectum et la ligne droite passant par la berge antérieure du canal anal. Elle est mesurée orthogonalement à cet axe et considérée comme modérée si elle est inférieure à 3 cm, moyenne entre 3 et 5 cm, et importante si elle est supérieure à 5 cm.

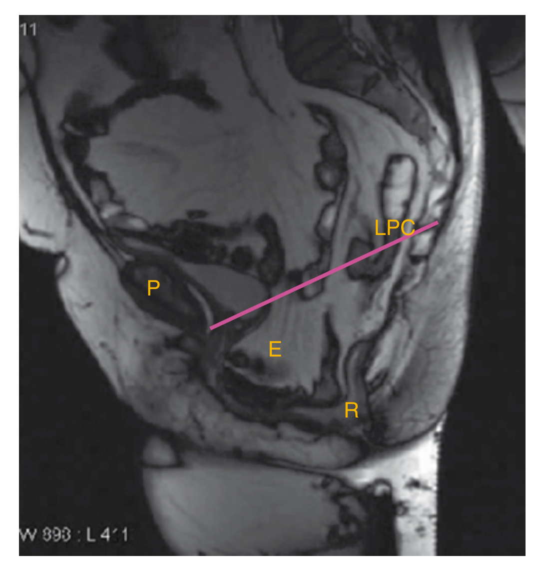


Fig. 14-6. Élytrocèle en IRM dynamique.
P : Pubis ; LPC : ligne pubococcygienne ; E : élytrocèle, structure digestive et mésentérique au contact du plancher pelvien, en avant du rectum.

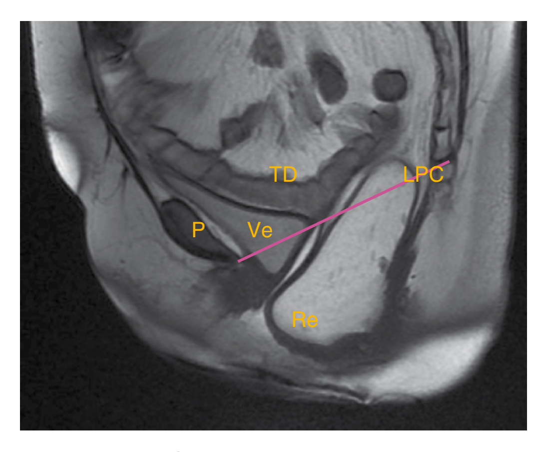


Fig. 14-7. Rectocèle en IRM dynamique.
P : pubis ; Re : rectocèle ; Ve : vessie ; TD : tube digestif ; LPC : ligne pubococcygienne.

Le périnée descendant est défini par une descente de la jonction anorectale lors de la poussée à plus de 5 cm sous la LPC. Le périnée descendu est spontanément à plus de 3,5 cm de la LPC.

Le prolapsus rectal correspond à l'invagination de la paroi rectale dans le canal anal. Il peut être antérieur, postérieur ou circonférentiel. Le prolapsus peut rester intrarectal (intussusception de bas grade), s'engager dans le canal anal (intussusception de haut grade) ou s'extérioriser. Le prolapsus rectal intrarectal doit être considéré comme une variante physiologique, sans retentissement sur la fonction sphinctérienne, ce type de prolapsus a été retrouvé chez 50 % des témoins dans la série de Shorvon *et al.* [3] et chez 40 % des témoins pour Wald *et al.* Le prolapsus rectal extériorisé s'accompagne dans la très grande majorité des cas d'un prolapsus du cul-de-sac de Douglas dans la cloison rectovaginale.

Atteinte du sphincter anal

Défect

L'IRM permet également le diagnostic des défects du sphincter interne et du sphincter externe. Malouf *et al.* [6] ont examiné de façon prospective par EEA et IRM 52 patients présentant une incontinence anale. Dans cette étude, l'EEA et l'IRM étaient équivalentes pour le diagnostic de défect du sphincter externe, par contre l'EEA était supérieure pour le diagnostic de défect du sphincter interne.

Mais avant d'affirmer la supériorité de cette technique, des études comparatives sont encore nécessaires et l'échographie endo-anale reste pour l'instant la méthode de référence dans cette indication.

Atrophie

L'atrophie du sphincter externe est probablement mieux appréciée par l'IRM. Dans l'étude prospective de Cazemier *et al.* [5], portant sur 18 patients présentant une incontinence anale, l'IRM semblait plus fiable que l'EEA 3D pour le diagnostic d'atrophie du sphincter externe. Les critères d'atrophie en IRM retenus dans cet article sont résumés dans le tableau 14-2.

Tableau 14-2 Gradation de l'atrophie du sphincter anal externe en IRM.

	Épaisseur	Infiltration graisseuse
Absente	Normale	Absente
Intermédiaire	Amincissement < 50 %	Présente
Sévère	Amincissement ≥ 50 %	Présente

Colpocystodéfécographie (CDD)

L'ASP réalisé dans le premier temps de la CDD doit toujours être interprété. Il peut parfois révéler des anomalies fondamentales, en particulier un volumineux fécalome pouvant expliquer une incontinence anale (figure 14-8). Les définitions de la descente de la vessie, du cul-de-sac de Douglas (figure 14-9) et du rectum sont similaires pour la CDD par rapport à l'IRM.

La CDD a l'avantage de mieux visualiser les prolapsus rectaux. Comme pour l'IRMd, il est fondamental de réaliser des clichés après évacuation complète.

Le périnée est dit descendant en poussée lorsque la position de repos est normale et quand la descente de la JAR est supérieure ou égale à 3 cm. Le périnée est dit descendu quand la position de la JAR est trop basse au repos, au-delà de 3 cm au-dessous du bord inférieur des ischions.

L'asynchronisme abdominopelvien (AAP) est défini par l'empreinte excessive du puborectal au repos et surtout par la fermeture ou l'absence d'ouverture de l'angle anorectal lors de la poussée volontaire et ceci malgré des efforts suffisants de poussée. L'asynchronisme abdominopelvien [7] correspond à une contraction de la sangle puborectale et du sphincter externe lors de la manœuvre de Valsalva, au lieu de la relaxation que l'on doit normalement observer. Le patient, au cours de la défécation doit affronter une barrière de pression qui n'existe pas normalement et qu'il doit vaincre par des efforts de poussée démesurés. Cet asynchronisme abdominopelvien peut être mis en évidence cliniquement et par différentes explorations (manométrie anorectale, rectographie dynamique et électromyographie). Les sujets normaux évacuent rapidement et sans difficulté, alors qu'en cas d'AAP, l'évacuation est prolongée et incomplète, cette différence peut être quantifiée. Les anomalies radiologiques sont fréquentes. Dans une série de 2816 défécographies [8], un trouble de la statique périnéale postérieure a été rapporté dans 77 % des cas, comportant une procidence rectale (31 % des cas), un prolapsus rectal (13 %), une rectocèle (27 %), une descente périnéale anormale (9 %). Dans une autre série de 744 malades [9], un trouble de la statique périnéale postérieure a été rapporté dans 60 % des cas.



Fig. 14-8. ASP : volumineux fécalome et stase stercorale diffuse au niveau du cadre colique (pellets radio-opaques).

Indications

Les objectifs des explorations fonctionnelles périnéales sont multiples (diagnostic étiologique, évaluation du pronostic, repère médico-légal).

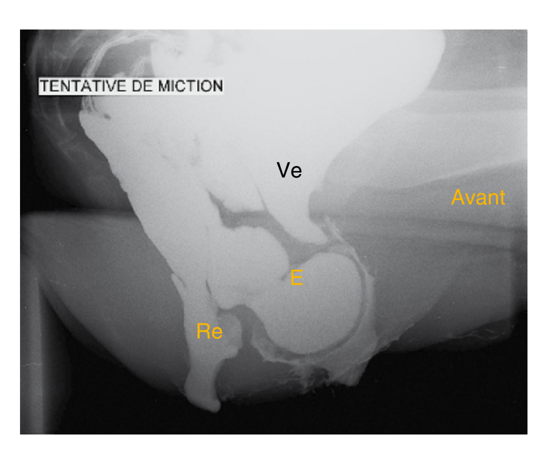


Fig. 14-9. Volumineuse élytrocèle en colpocystodéfécographie.
Ve : vessie ; E : élytrocèle ; Re : rectum.

Néanmoins, ces indications doivent être ciblées. Le clinicien doit définir la ou les questions auxquelles les explorations doivent répondre plutôt que d'envisager ces examens comme des explorations diagnostiques larges. Enfin, elles ne sont réalisées qu'après avoir éliminé toute lésion organique en particulier colique par une coloscopie.

Incontinence anale

L'EEA doit être intégrée dans la stratégie d'exploration de l'IA. Actuellement, l'EEA est l'examen de référence pour le diagnostic de défect du sphincter anal. La détection de défects cliniquement évidents ou de rupture occulte modifie profondément la prise en charge du patient, surtout si elle concerne le sphincter externe.

L'existence d'un ou de plusieurs défects peut entraîner des conséquences fonctionnelles importantes, qui varient en fonction du type, de la localisation et de l'extension des défects.

Les défects du sphincter externe se traduisent plutôt par une IA à type d'urgence, les défects du sphincter interne se traduisent plutôt par une IA passive. L'EEA permet également de localiser précisément le défect sur l'un des quadrants de la circonférence du sphincter (antérieur droit, postérieur gauche…).

La localisation des défects est importante. Elle peut avoir une valeur d'orientation étiologique et parfois médico-légale. Les défects post-obstétricaux sont pratiquement exclusivement antérieurs [10]. Ceci s'oppose à la rupture post-chirurgicale proctologique localisée en regard du site d'intervention.

L'extension radiaire des défects est également importante à préciser, celle-ci est exprimée en degrés. Dans une étude portant sur 100 patientes présentant une incontinence anale [11], le retentissement fonctionnel et clinique était proportionnel à l'extension radiaire des défects échographiques. Les petits défects n'ont probablement pas ou peu de traduction clinique. La limite du « petit » défect est difficile à affirmer, néanmoins la plupart des équipes n'opèrent pas les défects de moins de 60 degrés d'extension.

L'EEA peut aussi être indiquée après échec d'une sphinctéroplastie pour rechercher un éventuel défect persistant. Il s'agit donc de la principale indication de l'EEA.

L'endosonographie tridimensionnelle a été récemment décrite, son intérêt clinique doit être précisé [5].

Une IRM est réalisée en cas de doute au niveau de l'échographie, en particulier chez les patients multi-opérés ou présentant des lésions périnéales dans le cadre d'une maladie de Crohn.

L'atrophie du sphincter anal est de diagnostic échographique difficile. Cette atrophie peut être secondaire à une pathologie systémique comme la sclérodermie. L'atrophie sphinctérienne s'intègre néanmoins le plus fréquemment dans le cadre d'une neuropathie du nerf pudendal ou dans le cadre du processus de vieillissement. Le diagnostic d'atrophie sphinctérienne est cliniquement important, car il peut s'agir d'un facteur de mauvais pronostic après sphinctéroplastie.

Le troisième groupe de pathologies pouvant être à l'origine d'une incontinence anale sont les troubles de la statique rectale et en particulier le prolapsus rectal extériorisé. En cas de suspicion clinique de trouble de la statique rectale, une IRMd ou une CDD peuvent être réalisées à titre diagnostic. Dans le cadre d'un prolapsus rectal extériorisé cliniquement évident, il est utile de réaliser une IRMd ou une CDD afin de rechercher une élytrocèle et surtout un prolapsus associé de l'étage antérieur ou moyen.

Constipation et dyschésie

La CCD ou l'IRMd ne sont pas recommandées en cas de constipation chronique isolée [12]. Ces explorations interviennent essentiellement après échec de la prise en charge médicale et de la rééducation, en particulier si la cure chirurgicale d'un trouble de la statique rectale est envisagée.

La CDD et l'IRMd complètent l'évaluation clinique avec des informations de deux ordres. D'une part, ils précisent la cinétique de l'évacuation rectale en évaluant le débit d'évacuation rectale. L'appréciation de la vidange rectale est en effet fondamentale ; dans une étude réalisée chez 58 patients constipés, la seule différence significative entre les constipés et les témoins étaient la durée de l'évacuation. D'autre part, ils permettent de visualiser avec des paramètres objectifs un éventuel trouble de la statique pelvienne, déjà cliniquement diagnostiqué (rectocèle, périnée descendant, prolapsus rectal) ou simplement suspecté (élytrocèle).

Troubles de la statique pelvienne

L'imagerie peut éventuellement aider à poser l'indication chirurgicale. En effet, les explorations peuvent apporter des arguments établissant un lien de causalité entre les symptômes et l'examen clinique. Par exemple, une rectocèle de plus de 3 cm dont la vidange du produit de contraste est incomplète, voire nulle.

L'imagerie fonctionnelle peut également aider à choisir la voie d'abord. En cas de prolapsus rectal interne de haut grade, la chirurgie par voie basse endo-anale peut être proposée. En cas d'élytrocèle associée, les résultats de la rectopexie sont meilleurs. Enfin, en cas de prolapsus rectal extériorisé, le traitement est chirurgical.

Douleurs pelviennes et périnéales isolées

Dans le cadre du bilan de douleur sans point d'appel précis, l'EEA n'a pas d'indication. L'IRM peut être utile afin d'éliminer toute pathologique pelvienne, en particulier une éventuelle tumeur rétrorectale.

Cas du post-partum

L'accouchement par voie basse peut être à l'origine d'un traumatisme sur l'appareil sphinctérien anal. Le sphincter anal peut être lésé indirectement par dénervation ou directement par une rupture des fibres musculaires. La rupture sphinctérienne peut être asymptomatique ou au contraire responsable d'une incontinence anale. Les ruptures occultes (sans traduction clinique) sont fréquentes et très débattues [13, 14]. Sur le plan échographique, la rupture post-obstétricale atteint typiquement les quadrants antérieurs. Ceci s'oppose à la rupture post-chirurgicale localisée en regard de la zone chirurgicale, le plus souvent postérieure, voire multiple.

L'incontinence anale du post-partum régresse le plus souvent durant les mois qui suivent l'accouchement. Aussi, il est classique de n'explorer les patientes que si les symptômes persistent au-delà de 6 mois. En cas de symptômes persistant avec un fort retentissement sur la qualité de vie, une EEA est programmée afin de rechercher un éventuel défect réparable chirurgicalement.

Avant l'accouchement, une EEA est parfois prescrite en cas d'antécédents de symptômes d'IA du post-partum ou de déchirure sévère dans l'hypothèse d'une éventuelle indication de césarienne. Néanmoins, la décision de césarienne doit être prise à « trois » : le proctologue, l'obstétricien et la patiente. En effet, le risque médical de la césarienne n'est pas négligeable et il doit être pris en considération dans la conduite à tenir.

Pathologies rares

Hypertonie du canal anal

L'hypertonie du canal anal peut également être à l'origine de difficultés d'évacuation. Chez certains sujets constipés, la pression anale de repos peut être très élevée. On peut comprendre qu'il est alors plus difficile de relaxer parfaitement un canal anal très tonique qu'un appareil sphinctérien dont la pression de fermeture est normale.

Akinésie rectale

Récemment, le concept d'akinésie rectale a été développé par Faucheron *et al.* [15] et correspond cliniquement à une dyschésie sévère, sans

asynchronisme abdominopelvien ni mégarectum, ni trouble de la statique pelvienne. Malgré une ouverture satisfaisante du canal anal, la vidéoproctographie objective un débit fécal très lent avec une absence d'évacuation pratiquement totale.

Myopathie héréditaire du sphincter interne

Kamm *et al.* ont individualisé une myopathie héréditaire du sphincter interne se traduisant cliniquement par des douleurs et une constipation opiniâtre. L'EEA mettait en évidence une hypertrophie importante du sphincter interne. D'autres équipes ont également mis en évidence un épaississement du sphincter interne dans le cadre de la constipation. La signification clinique et les conséquences thérapeutiques de cette hypertrophie sphinctérienne ne sont pas actuellement validées.

Conclusion

L'exploration périnéale par l'imagerie est complexe. De nombreux examens sont à notre disposition et permettent une approche sur le plan statique et sur le plan dynamique. La sémiologie morphologique est riche, néanmoins le clinicien doit garder à l'esprit :

- la nécessité de poser au préalable les questions auxquelles les examens paracliniques doivent répondre ;
- la bonne valeur prédictive négative d'un examen clinique périnéal complet ;
- la nécessité d'interpréter les nombreuses images obtenues en fonction du contexte clinique et des résultats de l'ensemble des explorations périnéales.

Ainsi, l'imagerie périnéale fonctionnelle est rarement demandée en première intention. Elle prend tout son intérêt en cas de pathologie intriquée ou d'antécédents de chirurgie pelvipérinéale.

Références

[1] Bump RC, Mattiasson A, Bo K, Brubaker LP, DeLancey JO, Klarskov P et al. The standardization of terminology of female pelvic organ prolapse and pelvic floor dysfunction. American journal of obstetrics and gynecology. 1996 Jul ; 175 : 10–7.

[2] Sultan A, Nicholls R, Kamm M. Anal endosonography and correlation with in vitro and in vivo anatomy. Br J Surg 1992 ; 80 : 808–11.

[3] Shorvon PJ, McHugh S, Diamant NE, Somers S, Stevenson GW. Defecography in normal volunteers : results and implications. Gut 1989 Dec ; 30 : 1737–49.

[4] Frudinger A, Bartram CI, Kamm MA. Transvaginal versus anal endosonography for detecting damage to the anal sphincter. AJR Am J Roentgenol 1997 ; 168 : 1435–8.

[5] Cazemier M, Terra MP, Stoker J, de Lange-de Klerk ES, Boeckxstaens GE, Mulder CJ et al. Atrophy and defects detection of the external anal sphincter : comparison between three-dimensional anal endosonography and endoanal magnetic resonance imaging. Diseases of the colon and rectum 2006 Jan ; 49 : 20–7.

[6] Malouf AJ, Williams AB, Halligan S, Bartram CI, Dhillon S, Kamm MA. Prospective assessment of accuracy of endoanal MR imaging and endosonography in patients with fecal incontinence. AJR Am J Roentgenol 2000 ; 175 : 741–5.

[7] Rao SS, Welcher KD, Leistikow JS. Obstructive defecation : a failure of rectoanal coordination. The American Journal of Gastroenterology 1998 Jul ; 93 : 1042–50.

[8] Mellgren A, Bremmer S, Johansson C, Dolk A, Uden R, Ahlback SO et al. Defecography. Results of investigations in 2,816 patients. Diseases of the colon and rectum 1994 Nov ; 37 : 1133–41.

[9] Agachan F, Pfeifer J, Wexner SD. Defecography and proctography. Results of 744 patients. Diseases of the colon and rectum 1996 Aug ; 39 : 899–905.

[10] Karoui S, Savoye-Collet C, Koning E, Leroi AM, Denis P. Prevalence of anal sphincter defects revealed by sonography in 335 incontinent patients and 115 continent patients. AJR Am J Roentgenol 1999 ; 173 : 389–92.

[11] Damon H, Henry L, Barth X, Mion F. Fecal incontinence in females with a past history of vaginal delivery : significance of anal sphincter defects detected by ultrasound. Diseases of the colon and rectum 2002 Nov ; 45 : 1445–50, discussion 50–1.

[12] Piche T, Dapoigny M, Bouteloup C, Chassagne P, Coffin B, Desfourneaux V et al. Recommendations for the clinical management and treatment of chronic constipation in adults. Gastroenterologie clinique et biologique 2007 février ; 31 : 125–35.

[13] Damon H, Henry L, Bretones S, Mellier G, Minaire Y, Mion F. Postdelivery anal function in primiparous females : ultrasound and manometric study. Diseases of the colon and rectum 2000 ; 43 : 472–7.

[14] Diagnosis of anal sphincter tears to prevent fecal incontinence : a randomized controlled trial. Obstetrics and gynecology 2005 Jul ; 106 : 6–13.

[15] Faucheron JL, Dubreuil A. Rectal akinesia as a new cause of impaired defecation. Diseases of the colon and rectum 2000 Nov ; 43 : 1545–9.

Chapitre 15

Explorations fonctionnelles digestives chez l'enfant

M. Scaillon

Au cours de l'ontogenèse, la motricité du tube digestif, y compris celle de sa partie striée, autorise le contact entre la muqueuse digestive et le liquide amniotique. Des déglutitions sont observées *in utero* dès la 17e semaine gestationnelle, certes pas très actives, elles permettent, chaque jour, à quelques millilitres de liquide amniotique d'exercer, au contact de la muqueuse, un effet trophique favorable aux processus de maturation.

À 34 semaines d'âge gestationnel, le mécanisme de la succion–déglutition est suffisamment efficace et le tube digestif peut assurer la digestion du lait maternel alors même que la coordination motrice antroduodénale et l'organisation des complexes moteurs migrants ne deviennent matures qu'aux alentours du terme. La stimulation de la succion non nutritionnelle et l'alimentation partiellement entérale favorisent l'adaptation des activités intestinales du prématuré.

La maturation de certains éléments du système nerveux entérique (SNE) est parfois retardée et des troubles, même sévères, peuvent évoluer favorablement après une période plus ou moins longue. Dans certaines circonstances périnatales, des problèmes médicaux graves ou le traitement chirurgical d'une zone du tube digestif malformée retardent la mise en route d'une motricité efficace.

En dehors de cette période de maturation, des maladies fonctionnelles digestives peuvent persister ou apparaître. Les origines des troubles moteurs digestifs sont variables, embryonnaires, génétiques, toxiques, virales, immunitaires ou entrant dans le cadre de maladies systémiques comme la myasthénie, la maladie de Steiner, les myopathies. Parmi les maladies congénitales du SNE lui-même, la maladie de Hirschsprung est la plus connue. Les malformations ou traumatismes qui atteignent le cerveau et la moelle épinière occasionnent également des perturbations permanentes des fonctions motrices digestives.

Nous citons, à titre d'exemples, des syndromes qui présentent des maladies de la motricité digestive clairement étiquetées : achalasie du syndrome d'Algrove, maladie de Hirschsprung associée à d'autres neurocristopathies ou parfois à la trisomie 21.

Des troubles fonctionnels digestifs comme des troubles de la déglutition et de la motricité œsophagienne, de la diarrhée ou de la constipation sont rapportés parmi les signes cliniques de syndromes très divers. Tout comme l'adulte, l'enfant peut présenter des symptômes d'origine fonctionnelle, la classification de Rome III en propose deux catégories distinctes, la catégorie G pour les nouveau-nés et les enfants de moins de 3 ans [1] et la catégorie H pour les enfants de plus de 3 ans et les adolescents [2].

Congénitaux ou acquis, les troubles fonctionnels digestifs peuvent provoquer des symptômes allant de l'inconfort à l'incapacité de poursuivre des activités normales (scolaires et ludiques). Dans des situations extrêmes, les patients doivent bénéficier d'une assistance alimentaire entérale ou parentérale et risquent des complications infectieuses, chirurgicales ou psychiatriques qui peuvent mettre leur vie en danger. La majorité des troubles

Les Explorations fonctionnelles digestives

fonctionnels digestifs des nourrissons, des enfants et des adolescents sont toutefois relativement bénins mais justifient des bilans comportant un abord biopsychosocial et diététique et des explorations pour faire la part entre origine organique et fonctionnelle.

Particularités pédiatriques

Les progrès techniques ont permis une miniaturisation de certains instruments et l'enregistrement ambulatoire de certains paramètres, ce qui, en pédiatrie, offre d'énormes avantages quant à la tolérance des examens et à la possibilité d'étudier des fonctions digestives dans des conditions moins contraignantes. Tout doit être mis en œuvre pour que le patient (même tout petit) et ses parents soient rassurés par l'accueil, les explications sur ce qui va se passer avant, pendant et après la procédure. Il faut également s'assurer de la préparation préalable du matériel, prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter la douleur. La qualité de l'éclairage et la chaleur de la pièce sont des détails importants pour les nourrissons. L'analgésie locale des muqueuses nasales lors du passage des sondes et de la peau pour d'éventuelles injections, l'inhalation de protoxyde d'azote équimolaire avant des actes douloureux ou redoutés ainsi que la délicatesse des gestes et des contentions participent à la bonne acceptation de l'acte technique. Le retrait des sparadraps peut être moins agressif si l'on prend la peine de les humecter au préalable avec de l'eau, de l'huile ou des substances vendues à cet effet. Ces détails sont importants pour diverses raisons empathiques mais aussi pour la fiabilité même des examens sachant combien le stress peut influencer les fonctions digestives. Les explorations fonctionnelles sont souvent pratiquées selon des protocoles proposés chez l'adulte. Ces protocoles ne tiennent pas compte de la difficulté à obtenir la participation de petits patients qui doivent rester calmes, éveillés, à jeun parfois longtemps, et qui doivent participer à l'examen en « acceptant » certaines contraintes ou en ingérant un repas d'une valeur calorique suffisante alors qu'ils sont par définition malades et souvent difficiles à nourrir.

Le matériel utilisé doit être adapté à la taille du patient (sondes) et à sa capacité à participer activement à l'examen ou à le tolérer (troubles de la déglutition, vomissements…). Ainsi, il faut prévoir des nuances dans l'exécution d'un même type d'examen et les adapter aux circonstances et aux caractéristiques de l'enfant.

Enfin, il est éthiquement difficile, voire impossible, de solliciter la participation d'enfants sains à l'établissement de normes correspondant aux différentes tranches d'âge. Les résultats sont souvent interprétés selon des normes établies pour les adultes ou selon des mesures faites sur un petit nombre de patients, considérés normaux quant à la fonction étudiée et ce, après l'analyse rétrospective de leurs dossiers médicaux.

Techniques d'explorations du tractus digestif supérieur

pH-métrie œsophagienne

Principe de la technique

L'usage de la pH-métrie œsophagienne de longue durée en pédiatrie a été publié pour la première fois en 1978. Le principe est identique à celui de la pH-métrie adulte. Plusieurs enquêtes ont montré que l'examen est bien toléré, en particulier lorsque l'enregistrement est réalisé à domicile. Idéalement, l'enregistrement doit être au minimum de 18 heures et doit comporter des périodes d'éveil et de sommeil.

Matériel

Il existe différents modèles de boîtiers. Leur poids n'est pas un obstacle à l'usage pédiatrique.

Pour les enfants les plus âgés et qui se déplacent de manière autonome, il est plus confortable de placer le boîtier dans un sac à dos ou en bandoulière. Les électrodes les plus utilisées sont, comme chez l'adulte, en antimoine. Elles ont un diamètre de 1,67 à 2,13 mm et il existe pour les prématurés des modèles de moins de 1 mm à usage unique sans électrode de référence. Des cas de perforation de l'œsophage par des électrodes en verre endommagées ont été rapportés, mais avec les électrodes à antimoine

ce danger est écarté. Des électrodes à antimoine à capteurs multiples (2 à 3) disposés à 5, 10, 15 ou 21 cm de distance sont disponibles, n'excédant pas 2,1 mm de diamètre. Elles sont utilisées pour des enregistrements simultanés de l'œsophage distal et/ou de l'œsophage proximal et/ou de l'estomac.

Réalisation de l'examen

L'enfant doit se présenter après 4 heures de jeûne ou juste avant l'heure d'un biberon ou d'une tétée pour les nourrissons. Les consignes de calibration préalable sont les mêmes que pour l'adulte. Une anesthésie locale des muqueuses nasales est conseillée à partir de 1 an. La sonde est enduite de gel. La mise en place de la sonde est souvent plus aisée lorsque l'enfant est couché, elle est introduite jusque dans l'estomac dont le pH doit être vérifié. Chez l'adulte, l'électrode est classiquement placée 5 cm au-dessus de la limite supérieure du sphincter inférieur de l'œsophage. En pédiatrie, plusieurs solutions ont été proposées. Il est toujours possible de repérer l'emplacement du SIO par une manométrie préalable en cas de hernie ou de déformation thoracique. Pour les enfants de taille inférieure à un mètre, la formule de Strobel peut être appliquée {Distance narine – SIO (cm) = 5 + 0,252 (taille en cm)}. Idéalement, la position de l'électrode est contrôlée par radiographie ou mieux à l'amplificateur de brillance. L'électrode doit être positionnée en regard du corps de la troisième vertèbre situé au-dessus du diaphragme [3]. La fixation soigneuse de la sonde sur le visage et dans le dos de l'enfant diminue les risques de mobilisation ou d'arrachement accidentel.

La mémoire de ces appareils autorise généralement l'enregistrement du pH toutes les 4 à 8 secondes sur un, deux ou trois canaux et l'inscription de messages précisant la position de l'enfant ou son état de veille, les temps de repas et des événements. Cependant, il est demandé aux parents de tenir un journal de bord précisant certains points comme la nature des aliments et boissons (il est conseillé d'éviter les températures extrêmes), les traitements administrés, les signes d'intolérance.

Interprétation de l'examen

Après analyse critique de la qualité technique de l'enregistrement et suppression des périodes non exploitables, le tracé est interprété en fonction des données quantitatives et des corrélations entre événements observés et chutes de pH. L'interprétation des résultats tient compte de l'acidité et de la température des repas et boissons, de la poursuite des traitements qu'elle soit délibérée ou due à la non-observance des consignes de sevrage. Les discussions sur les performances des scores, la signification des différents paramètres et les valeurs seuils de pH définissant un reflux potentiellement délétère ne sont pas closes. Néanmoins, il existe un niveau de preuve suffisant pour considérer que l'exposition à un pH de 4 est potentiellement agressive pour la muqueuse œsophagienne. Un reflux gastro-œsophagien acide est défini ainsi par le consensus pédiatrique européen [3] : chute de pH sous 4 durant 15 secondes et séparée d'un autre épisode de chute de pH d'au moins 30 secondes. Le pourcentage de temps total passé sous pH 4, dit index de reflux (IR) est la variable la plus sensible et la plus spécifique en faveur d'une maladie de reflux. Des nuances quant à l'interprétation des résultats peuvent être apportées par l'index oscillatoire, index qui précise le pourcentage de temps durant lequel le pH se situe entre 3,75 et 4,25. Les valeurs de l'IR chez l'enfant ont été déterminées en utilisant des électrodes de verre, pour différents âges, et sont reprises dans les programmes d'analyse de certains fabricants. Les recommandations récentes de la Société nord-américaine de gastro-entérologie et nutrition pédiatrique proposent les limites suivantes pour les enfants de plus de 2 ans :

- nombre total de reflux par 24 h : 50 ;
- nombre de reflux de plus de 5 minutes : n ≤ 2 ;
- IR total : 5,0 % ;
- IR durant la période de nuit : 2,5 % [4].

Malgré les nuances apportées par les études sur les très jeunes enfants, la littérature nous présente très souvent des résultats des pH-métries interprétées en fonction de la valeur de l'IR. Les pH-métries sont souvent considérées anormales lorsque l'IR est supérieur, voire égal ou supérieur à 5 %, sans nuance quant à l'âge des patients, au nombre de reflux de plus de 5 minutes ou de reflux totaux par 24 heures. Dans la mesure où, malgré les efforts de consensus, la définition pH-métrique d'un reflux reste très variable, il n'est pas logique de

proposer des normes pour le paramètre « nombre de reflux/24 heures ». Il n'est pas certain que cette limite de pH à 4 et cette valeur de l'IR soient adaptées aux interprétations de pH-métrie dans les cas de symptomatologie non digestive. C'est pourquoi des études ont tenté d'évaluer les valeurs normales des pH-métries proximales [5] mais, comme chez l'adulte, l'utilité de ce type d'enregistrement est encore débattue. La pH-métrie œsogastrique est conseillée par certains auteurs. Chez un enfant nourri avec du lait 6 à 8 fois par jour ou via une sonde nasogastrique à débit lent, le pH gastrique peut être supérieur à 4 durant des périodes couvrant jusqu'à 90 % du temps total de l'enregistrement. Supprimer ces périodes de l'analyse peut modifier significativement les résultats. C'est dans ces situations que la pH-impédancemétrie peut avoir un intérêt particulier.

Indications

Les régurgitations, très fréquentes durant la première année de vie sont, à la limite, physiologiques à cet âge. Une régurgitation par jour au moins est observée chez 50 % des nourrissons de 0 à 3 mois et seulement 5 % à 12 mois avec un pic à 67 % à 4 mois [6].

Des investigations ne se justifient que chez un petit nombre d'entre eux. En pédiatrie, certaines situations comme les malaises graves du nourrisson et des pathologies particulièrement à risque de reflux justifient des pH-métries sinon systématiques du moins à la moindre inquiétude, afin d'éviter de négliger des RGO aux conséquences graves, tant du point de vue œsophagien que nutritionnel ou respiratoire. Nous citons, sans être exhaustif, les surveillances d'enfants de très petit poids de naissance, opérés d'atrésie de l'œsophage ou de hernie diaphragmatique, de patients souffrant de bronchodysplasie, de trachéomalacie, de mucoviscidose ou d'infirmité motrice d'origine cérébrale (quadriplégie, lésion du tronc cérébral). L'indication d'une pH-métrie est reconnue lors de tableaux atypiques comme des infections ORL et respiratoires répétées, après évaluation pneumologique ou ORL et immuno-allergologique, ou des attitudes dystoniques évoquant un syndrome de Sandifer-Sutcliffe.

La pH-métrie est également indiquée chez un nourrisson, lorsqu'une attitude douloureuse n'est pas corrigée par les conseils d'hygiène de vie ou par des traitements instaurés empiriquement et chez un enfant plus âgé aux plaintes clairement formulées de douleurs rétrosternales ou de sensations de reflux lorsque l'endoscopie avec biopsies œsophagiennes n'a pas été contributive. Dans le cas d'une œsophagite présentant un infiltrat éosinophilique important (on admet actuellement le chiffre de 15 éosinophiles ou plus par champ au grossissement de 400 fois), une œsophagite à éosinophiles peut être soupçonnée après exclusion d'une mycose ou d'un RGO, la pH-métrie trouve donc dans ce cas une indication nouvelle et doit s'inscrire dans l'arbre décisionnel. Toute situation dans laquelle une stimulation vagale ou une intubation nasale serait mal tolérée est une contre-indication à cet examen. L'enregistrement permet de quantifier les reflux acides, mais ne permet pas d'évaluer le risque d'œsophagite ou de complication respiratoire, ne distingue pas les reflux primaires des reflux secondaires à une allergie alimentaire (situation fréquemment évoquée chez le nourrisson). Son indication avant la pose d'une gastrostomie semble raisonnable mais reste l'objet de discussions. La pH-métrie peut être indiquée afin de vérifier l'efficacité du traitement médical dans des situations aux complications sévères comme des sténoses sous-glottiques, des bronchectasies ou lorsque ce traitement doit être poursuivi durant plusieurs mois.

Référentiels ou recommandations

Consensus du groupe de travail de la Société européenne d'hépatologie, gastro-entérologie et nutrition pédiatrique (ESPGHAN) [3] et de la Société nord-américaine de gastro-entérologie et nutrition pédiatrique (NASPGN) [4].

pH-impédancemétrie œsophagienne

Principes de la technique

Les premières impédancemétries ont été réalisées en pédiatrie. Le tamponnement de l'acidité gastri-

que par l'alimentation lactée chez les nourrissons rend particulièrement utile la détection des reflux non ou peu acides. Les principes de la technique sont les mêmes que chez l'adulte et les nuances pédiatriques expliquées pour la pH-métrie s'appliquent à l'impédancemétrie.

Matériel

Le diamètre et la souplesse de l'extrémité distale des sondes sont compatibles avec l'usage pédiatrique. Des sondes de 2,13 mm permettent des enregistrements de pH-métrie (sur un ou deux canaux) et d'impédancemétrie (sur six canaux). Un modèle autorisant par ailleurs le gavage de l'enfant a été utilisé dans l'étude qui a établi des valeurs normales d'impédancemétrie chez le prématuré asymptomatique (diamètre externe : 8 Fr, comportant un tube de gavage de 5 Fr et neuf électrodes d'impédance séparées de 15 mm, mais pas de capteur de pH) [7]. Les sondes proposées sur le marché sont intitulées : « Infant » pour les nourrissons de 0 à 2 ans ou < 75 cm, « Pediatric » pour les enfants de 2 à 10 ans ou « Adult » au-delà. Une formule permet théoriquement d'évaluer l'écart entre les cordes vocales et le sphincter œsophagien inférieur et de choisir donc le modèle de sonde le mieux adapté : 1,048 + 0,167 × la taille (en cm).

Réalisation de l'examen

En ce qui concerne la préparation des muqueuses nasales, la fixation de la sonde, le contrôle de la position du cathéter, toutes les nuances pédiatriques expliquées pour la réalisation de la pH-métrie s'appliquent à l'impédancemétrie.

Interprétation de l'examen

Les définitions des reflux acides, peu acides et peu alcalins sont les mêmes que chez l'adulte. Des valeurs normales ont été rapportées pour 21 prématurés asymptomatiques nés à 32 semaines de gestation en moyenne et âgés en moyenne de 12 jours [7]. Le prématuré « normal » présente de 2 à 3 reflux/heure dont 90 % remontent jusqu'à l'œsophage proximal, 4 % des reflux enregistrés au niveau conventionnel en pH-métrie sont acides (extrêmes 0–53,1 %), 72,9 % sont faiblement acides (extrêmes 45,3–98,0 %) et 0 % sont faiblement alcalins (extrêmes 0–8,1 %). Une étude pédiatrique récente a comparé des pH-impédancemétries de 24 heures obtenues chez des enfants souffrant de RGO et d'œsophagites à éosinophiles à celles de dix témoins, dont huit âgés de plus d'un an (âge moyen 7,8 ans) [8]. Les résultats rapportés chez ces témoins peuvent servir de référence :

- nombre moyen de reflux acides 28,4 ± 16,5 ;
- nombre moyen de reflux non acides 6,8 ± 4,6 ;
- pourcentage de reflux remontant au niveau proximal 24,4 % ± 19,8 %.

Indications

Cette technique nouvelle tente d'apporter des réponses aux questions restées en suspens après plus de 20 ans de pH-métrie :

- quelle est la relation entre les symptômes non digestifs et les épisodes de reflux ?
- quelle est l'importance de l'extension proximale du reflux ou des mesures d'hygiène de vie habituellement conseillées en pédiatrie (position, viscosité des repas) ?

Actuellement, les situations cliniques dans lesquelles cette technique trouve ses indications sont les suivantes : plaintes digestives ou extradigestives évoquant un reflux sans lésions objectivées à l'endoscopie avec biopsies, et/ou persistantes malgré un traitement par IPP. Cette technique est particulièrement intéressante chez les prématurés chez qui le pH du contenu gastrique peut être supérieur à 4 durant de longues périodes en raison d'une relative achlorhydrie ou de l'administration d'une alimentation fractionnée ou à débit lent par sonde orogastrique. C'est pourquoi, dans les unités de néonatologie, la pH-impédancemétrie pourrait devenir rapidement une technique de première intention afin de ne pas agresser ces patients fragiles à plusieurs reprises. En dehors de cette situation particulière, elle reste une technique de deuxième intention dans la mesure où elle est peu répandue et nécessite un temps d'analyse relativement long. L'incertitude quant aux réelles implications thérapeutiques d'un enregistrement anormal est également un frein à la diffusion de cette technique.

Référentiels ou recommandations

La littérature pédiatrique s'est montrée enthousiaste dès la première heure en 1996, mais il n'existe pas de recommandations pédiatriques. Un groupe de travail s'est créé au sein de la Société européenne d'hépatologie, gastro-entérologie et nutrition pédiatrique (ESPGHAN).

Manométrie œsophagienne (MO)

Principes de la technique

Ils sont les mêmes que ceux de la technique appliquée à l'adulte.

Matériel

Le matériel standard avec capteurs de pression externes et cathéters perfusés à usage unique est le plus souvent utilisé. La distance entre les capteurs de pression doit être adaptée à la taille de l'enfant, on conseille trois capteurs au minimum, écartés de 1 cm pour les nourrissons, 2,5 à 3 cm pour les petits enfants de moins de 6 ans et 5 cm ensuite. Plus il y a de capteurs et moins il faut mobiliser la sonde au cours de l'enregistrement. La formule qui évalue l'écart entre les cordes vocales et le sphincter œsophagien inférieur (1,048 + 0,167 × taille en cm) permet, dans ce cas également, de choisir le modèle de sonde le mieux adapté. La pompe d'Andorfer est utilisée le plus souvent, elle doit assurer un débit constant de 0,5 mL/min pour les sondes de diamètre ≥ 3 mm et de 0,3 mL/min pour les sondes à manchon de Dent ou de très petit diamètre ≤ 3 mm. Des microsondes perfusées de 1 à 5 mm de diamètre externe, en silicone très souple, comportant plusieurs cathéters de 0,28 à 0,35 mm de diamètre interne, permettent de travailler avec une fiabilité comparable à celle des autres systèmes à un débit de perfusion de seulement 0,01 à 0,15 mL/minute. Dans ces cas, des capillaires réducteurs de pression doivent être montés en série.

Réalisation de l'examen

Dans la mesure où certains patients souffrent de troubles neurologiques ou respiratoires, il est conseillé de travailler dans un local équipé d'une arrivée d'oxygène, d'une aspiration et d'un moniteur cardiorespiratoire avec surveillance de la saturation en O_2. Un jeûne de 3 à 5 heures est demandé. Si une sédation s'avère nécessaire, il faut la réserver à l'introduction de la sonde et attendre qu'elle ait terminé ses effets avant de commencer l'enregistrement et de solliciter les déglutitions humides. Le protoxyde d'azote équimolaire convient bien à cette indication. Les articles de référence ne conseillent pas de sédation. Certains pédiatres utilisent du midazolam IV ou une association phénothiazine–chlorpromazine 45 minutes avant l'examen. La sonde, bien lubrifiée, est placée par la bouche chez l'enfant prématuré et le nouveau-né, par la narine anesthésiée localement pour les enfants de plus de 3–4 mois. L'enfant est couché ou tenu dans les bras des parents (en tenant compte des légères variations de pression ainsi provoquées). L'examen se déroule par retrait lent de la sonde et les paramètres manométriques sont étudiés à chaque niveau selon le protocole classiquement approuvé chez l'adulte. Cependant, il faut admettre que le patient supporte parfois très mal ces contraintes et sensations ainsi que la frustration de ne pas pouvoir boire à son rythme. L'eau, parfois légèrement glucosée, est administrée à raison de 1 à 5 mL, à la paille, à la seringue ou au biberon. Les déglutitions sont observées par l'infirmière. Dans certaines situations particulières (enfant qui refuse de boire, que toute stimulation fait pleurer, qui tousse ou s'étrangle, qui n'est pas habitué à avaler) le réflexe de Santmyer peut être provoqué en soufflant vivement de l'air vers les narines des jeunes nourrissons. La tolérance de l'enfant à l'instillation d'eau dans le pharynx n'est pas toujours excellente et dans ce cas une observation après arrêt de la perfusion du capteur pharyngé est autorisée afin de juger de la coordination ; elle ne tient pas compte de l'amplitude des ondes pharyngées.

Interprétation de l'examen

Il est admis par certains auteurs que les valeurs normales sont similaires à tous les âges. La littérature nous rapporte des valeurs variables selon les études et sans doute influencées par la compliance du matériel, le calibre de la sonde par rapport à celle du SIO. Les références pédiatriques sont rares et

il est recommandé d'établir des normes propres à chaque centre. Des valeurs ont été rapportées chez des sujets souffrant de RGO sans œsophagite, de vomissements sans preuve de RGO ou ayant des symptômes de reflux sans retentissement clinique important. Le groupe de travail du GFHGNP estime que l'on peut utiliser, chez l'enfant de plus de 2 mois, les limites suivantes :

- tonus du SIO : 10 à 35 mmHg;
- amplitude des ondes péristaltiques : 30 à 150 mmHg;
- durée maximale de l'onde péristaltique : 6 secondes.

La dynamique du SIO est normale lorsque :

- 90 % des déglutitions réussies sont suivies de relaxations complètes (≥ 85 % du tonus de base du SIO ou avec une pression résiduelle atteignant 5 à 8 mmHg de plus que le tonus gastrique) et synchrones de la déglutition;
- la relaxation du SIO est suivie d'un ressaut d'hyperpression de durée et d'amplitude variables;
- la vitesse de propagation des ondes péristaltiques doit être inférieure à 6,25 cm/sec;
- le synchronisme pharyngo-œsophagien normal correspond à la survenue de la fin de l'onde pharyngée parallèle à une reprise du tonus du SSO d'au moins les deux tiers de sa valeur de base.

Chez les prématurés, le tonus du SIO est de 20,5 ± 1,7 mmHg avant et 13,7 ± 1,3 mmHg après administration d'un repas; le péristaltisme est encore insuffisamment efficace car souvent incomplètement transmis ou synchrone chez des enfants nés entre 26 et 34 semaines post-conceptionnelles [9], 84 % des déglutitions sèches entraînent un péristaltisme et des relaxations transitoires du SIO sont observées 2,6 ± 1,6 fois en 30 minutes d'enregistrement entraînant un phénomène de cavité commune dans 86 % des cas.

Indication

La MO permet de diagnostiquer des maladies typiques de la motricité œsophagienne, le plus souvent l'achalasie en pédiatrie. Elle peut aussi démontrer des anomalies motrices expliquant les difficultés alimentaires observées chez des patients qui ne verbalisent pas ou les plaintes de douleurs rétrosternales, odynophagie, dysphagie formulées par des enfants atteints de syndromes divers ou de maladies systémiques. Chez des nourrissons qui présentent une dysphagie ou un RGO rebelles, la MO permet de diagnostiquer des troubles primaires de la motricité œsophagienne notamment des hypertonies et des troubles de la relaxation du SIO. Ces enfants présentent une achalasie partielle du nourrisson, entité peu connue mais décrite par l'école française. Ils peuvent être neurologiquement normaux avec une certaine instabilité neurovégétative [10]. L'indication d'une MO est discutée mais souvent reconnue dans un bilan préparant à une fundoplicature et dans la surveillance de la réponse à un traitement médical ou chirurgical de reflux, d'atrésie de l'œsophage, d'achalasie. Elle peut servir à la détermination du niveau du SIO avant pH-métrie ou impédancemétrie ou à évaluer les dommages moteurs occasionnés par un traumatisme accidentel (ingestion de caustiques, par exemple). Cet examen est contre-indiqué lorsque l'intubation nasale est difficilement réalisable ou supportable, lorsqu'une stimulation vagale serait mal tolérée. Une attention particulière doit être portée à la tolérance à la perfusion lorsqu'un trouble de la déglutition est craint ou connu. La MO n'est pas un examen de première intension, elle est pratiquée, selon le contexte, après un bilan gastro-entérologique par endoscopie et biopsies, pH-métrie, TOGD et souvent après bilan neurologique, ORL, pneumo-allergologique.

Référentiels ou recommandations

Recommandations de la Société nord-américaine de gastro-entérologue et nutrition pédiatrique [11]. Le « Club motricité » du GFGHNP a rédigé des recommandations concernant la réalisation technique de cet examen en pédiatrie [12].

Manométrie antroduodénale (MAD)

Principes de la technique

Ils sont les mêmes que ceux appliqués en médecine d'adultes.

Matériel

Presque toutes les publications pédiatriques sur ce sujet décrivent des manométries utilisant des sondes perfusées. On conseille d'utiliser quatre capteurs au moins dont un dans l'antre et les trois autres dans le duodénum avec des sondes souples, de 2 mm de diamètre maximum avant l'âge de 6 mois afin de ne pas obstruer le pylore et un débit de perfusion adapté afin d'éviter les surhydratations et les troubles ioniques. Pour diminuer les débits et en assurer des valeurs comparables à tous les orifices de la sonde, on propose d'utiliser des pousses seringues ou de doubler la longueur des capillaires réducteurs de pression si l'on utilise une pompe d'Andorfer à faible débit (de 0,1 mL/h, par exemple).

Réalisation de l'examen

Chez les nourrissons, la mise en place de la sonde est proposée après 3 heures de jeûne ou plus en fonction de l'âge, de la pathologie et du régime; une nuit de jeûne est conseillée aux enfants. La mise en place de la sonde peut être aisée ou nécessiter des mobilisations et des massages pénibles au point qu'il peut être proposé de travailler sous sédation et contrôle endoscopique. L'enregistrement n'est alors débuté qu'après la fin de l'effet des drogues sédatives. L'examen doit comporter au moins 3 heures d'enregistrement à jeun ou l'enregistrement de deux complexes moteurs migrants (CMM). Il se poursuit par une heure d'enregistrement post-prandial. Le repas doit être suffisamment calorique (10 kcal/kg dont 30 % de lipides). Certains auteurs préconisent d'administrer le repas par une sonde nasogastrique évitant ainsi les refus et, dans la mesure où le repas est liquide, la migration de la sonde lors de la vidange gastrique. Il est possible de faire apparaître des activités de phase III dans l'antre en injectant de l'érythromycine : 1 mg/kg IV en 30 minutes, la transmission de cette activité à l'antre n'est alors observée que chez les patients avec phases III spontanées. L'octréotide (0,5 mcg/kg IV) peut être aussi administré en 5 minutes afin de provoquer l'apparition de phases III duodénales. L'influence des prokinétiques est évitée en les interrompant 48 heures avant l'enregistrement. Les apports parentéraux sont arrêtés durant l'enregistrement.

Interprétation de l'examen

Les tracés de manométrie intestinale du tout jeune enfant sont particuliers : délais plus courts entre les phases III des complexes moteurs migrants et amplitudes plus modestes des ondes, présence de salves d'ondes en phase II que l'on ne trouve pas chez l'adulte normal; elles disparaissent à un âge qui n'a pas encore été déterminé. La phase III des CMM est la plus caractéristique et c'est elle qui sert essentiellement à l'interprétation des tracés. On peut admettre qu'elle se caractérise par des ondes qui se répètent à la fréquence de 3/min avec une amplitude de plus de 100 mmHg au niveau de l'antre et de 11–12/min avec une amplitude de 15 à 30 mmHg chez le nourrisson au niveau duodénal.

Certaines anomalies de la MAD sont clairement associées à une pathologie de la motricité digestive : l'absence de phase III des CMM, une propagation anormale de phases III, un intervalle trop bref entre les phases III et, lors des phases II, des contractions persistantes de faible amplitude et des contactions tonicophasiques. Par contre, l'absence de phase I après une phase III, une phase III présentant une durée courte ou prolongée, des contractions toniques ou des ondes de faible amplitude à un seul niveau d'enregistrement, une phase II présentant des salves de contractions ou des contractions prolongées et propagées ne semblent pas plus fréquentes chez les patients que chez les témoins [13].

Indication

Cet examen est justifié dans toute situation pathologique sévère qui évoque un trouble de la motricité digestive. Il permet de faire la distinction entre l'origine neurologique ou musculaire d'une pseudo-obstruction intestinale chronique, entre régurgitation et mérycisme et, théoriquement, de prédire la possibilité de nourrir un prématuré, de choisir de pratiquer une colectomie dans des cas de constipation sévère afin d'éliminer un trouble moteur du grêle, et de vérifier l'effet de médicaments. Dans certaines maladies mitochondriales de la chaîne de phosphorylation oxydative, les troubles moteurs digestifs peuvent précéder les autres symptômes et amener à poser le diagnostic.

Techniques isotopiques

Principes

Seul l'usage des isotopes radio-actifs en études fonctionnelles est abordé dans ce chapitre. Peu invasives, proches des conditions physiologiques et peu irradiantes avec les isotopes choisis, les techniques isotopiques conviennent parfaitement à l'usage pédiatrique. Divers protocoles permettent d'étudier les transits au niveau des différents segments du tube digestif par techniques radio-isotopiques, le plus souvent pour l'étude du RGO et de la vidange gastrique (VG). Le matériel utilisé est le même que chez l'adulte.

Les doses utilisées sont différentes selon l'examen allant de 3,7 à 7,4 MBq, pour la VG seule, à 7,4 ou 37 MBq selon que l'on cherche à démontrer un RGO ou que l'on tente d'évaluer également la VG durant l'examen qui enregistre les reflux.

Étude isotopique du reflux gastro-œsophagien

Après 4 heures de jeun, l'enfant ingère du sulfure colloïdal de ^{99m}Tc incorporé dans un petit volume de lait et boit ensuite 25 à 30 mL/kg de son lait habituel ou ingère 200 mL de pudding s'il a plus de 3 ans. Le patient est ensuite couché sous une gamma caméra durant 1 heure. L'examen se déroule comme pour les adultes, des clichés antérieurs et postérieurs ne semblent pas obligatoires pour les nourrissons. L'utilité de clichés tardifs sur les champs pulmonaires est discutée. Les résultats de l'enregistrement sont présentés sous forme d'images permettant de visualiser les reflux et leur hauteur ou sous forme d'une courbe d'activité œsophagienne en fonction du temps. Un reflux est considéré comme significatif lorsqu'il a une radio-activité de plus de 5 % de la radio-activité gastrique à ce moment. Un index est calculé en additionnant les activités durant les 60 minutes d'enregistrement.

Cette technique permet d'objectiver des reflux de toute composition et illustre le niveau œsophagien qu'ils atteignent. Elle mobilise pendant une heure un matériel coûteux et sa sensibilité, comparée à celle d'une pH-métrie simultanée, a été évaluée à 79 % pour une spécificité de 93 % [14]. Elle est indiquée en cas de difficultés à pratiquer une étude par sonde intra-œsophagienne.

Étude isotopique de la vidange gastrique

Cette technique permet d'étudier d'une manière presque physiologique la vidange gastrique d'aliments de consistance liquide, semi-liquide, solide ou simultanément liquide et solide par l'utilisation d'isotopes différents mélangés à la phase liquide (ex. : ^{99m}Tec, ^{113m}In) ou incorporés à la phase solide (de foies de poulets [^{99m}Tc colloïdal] ou blancs d'œufs cuits ensuite). La mise en place d'une sonde nasogastrique de gavage n'est pas conseillée car ce geste est invasif et peut perturber la motricité gastrique. L'enfant est couché lors d'enregistrements de 30 secondes qui ont lieu toutes les 10 à 15 minutes, des clichés antérieurs et postérieurs sont conseillés, des clichés postérieurs peuvent suffire pour les plus jeunes patients. L'examen dure 60 minutes mais dans les cas où la VG semble retardée, il est poursuivi jusqu'à un total de 120 minutes, voire 4 heures. Les protocoles sont différents selon les âges et les types d'alimentation. Pour les nourrissons, il est conseillé d'administrer le lait habituellement consommé. Les volumes administrés sont adaptés à l'âge, par exemple : 3 mois, 90 mL ; 3–6 mois, 120 mL ; plus de 6 mois, 150 mL. La dose de ^{99m}Tc est donnée au début du repas, mélangée à un peu de lait, l'enfant est ensuite invité à boire calmement le reste de son repas. Les résultats sont le plus souvent exprimés en activité gastrique résiduelle après 60 minutes, car l'évacuation gastrique de ces repas ne se présente pas en une courbe mono-exponentielle [15]. Pour le jeune enfant de plus de 1 an, il est proposé de donner un repas de pudding. Dès que possible, on propose le repas standard à ingérer en 10 minutes, il est composé de 125 mL d'eau plate et de 100 g de pain blanc avec 1 œuf de 50 g battu en omelette et mélangé avant cuisson avec la dose de ^{99m}Tc. Les résultats sont exprimés en pourcentage de l'activité résiduelle à chaque intervalle de temps et on retient particulièrement le temps requis pour que la moitié du repas soit évacué (temps de demi-vidange ou T1/2). L'interprétation est particulièrement délicate en pratique clinique pédiatrique dans la mesure où il

est difficile de standardiser la nature du repas test et son volume. La qualité du lait n'est pas toujours précisée dans les protocoles, cette notion est cependant importante car le lait maternel et les diètes semi-élémentaires sont évacués plus rapidement que d'autres laits pour nourrissons. De plus le ^{99m}Tc est en partie séquestré dans le précipité de caséine qui se forme dans le milieu gastrique, le temps de vidange ainsi évalué est alors celui de cette phase semi-solide. Dans l'étude de la VG des liquides, certains auteurs conseillent de tenir compte de la vidange gastrique qui commence durant le repas et donc de calculer la radio-activité d'une zone d'intérêt à la fin du repas comprenant l'estomac et l'intestin sous peine de conclure à un retard de VG.

Les valeurs normales publiées chez les grands enfants : pour les solides volumes résiduels de 30 à 50 %, pour du lait T1/2 de 48 à 72 minutes et pour de l'eau glucosée à 5 % T1/2 de 7 à 15 minutes. Chez des nourrissons testés avec un biberon de lait des volumes résiduels de 42 à 66 % à 60 minutes sont rapportés. Les indications de cet examen sont relativement rares mais variées : vomissements récurrents, régurgitations tardives rebelles, troubles de la satiété accompagnés de trouble de la croissance, plaintes post-prandiales en particulier celles qui font craindre une gastroparésie post-virale, malaises compatibles avec un *dumping syndrome* et évaluation de la fonctionnalité d'un montage chirurgical.

Tests respiratoires

Principe de la technique

Comme chez l'adulte, ces tests consistent à doser un gaz apparaissant dans l'air expiré après ingestion d'un substrat. Non douloureux, non invasifs, ils sont bien adaptés à la médecine des enfants. L'examen est exécutable au lit du malade.

Méthodes

Il ne faut pas considérer ces examens comme faciles à réaliser. Le recueil de l'air de fin d'expiration doit être soigneux et peut se faire soit par l'intermédiaire d'embouts dans lesquels les enfants soufflent, comme chez l'adulte, soit par l'application d'un masque à valve unidirectionnelle sur le massif facial, soit par la mise en place d'une sonde nasale.

Les gaz analysés par chromatographie en phase gazeuse sont l'hydrogène, le méthane, le CO_2.

Le CO_2 au carbone marqué par un isotope stable (carbone 13) ou radio-actif (carbone 14) est également utilisé pour suivre le catabolisme d'une molécule ainsi « marquée ». Les isotopes stables sont bien entendu préférés et sont dosés dans l'air expiré par spectromètre de masse ou appareil à infrarouge.

Réalisation, interprétation et indication des examens

Tests à l'hydrogène

Comme chez l'adulte, il est demandé au patient de ne pas ingérer de repas riches en hydrates de carbone lents ou en fibres la veille de l'examen et de se présenter à jeun après brossage des dents. Le taux de base normal est le plus souvent compris entre 5 et 20 ppm, toutefois des taux ≤ 42 ppm sont autorisés. En cas de taux supérieur, un bain de bouche est proposé afin de tenter d'abaisser ce taux avant de commencer le test. Le patient est ensuite autorisé à ingérer le substrat dilué dans de l'eau.

Test utilisant le lactose

Il permet de diagnostiquer les maldigestions de ce sucre. Une charge en lactose de 1 ou 2 g/kg avec un maximum de 50 g est administrée sous forme d'une solution à 10 ou 20 %. Cette solution n'est pas acceptée facilement par tous les enfants. Les prélèvements sont pratiqués toutes les demi-heures pendant au moins 3 heures. Le résultat est positif lorsque le taux d'hydrogène s'élève d'au moins 20 ppm par rapport à la valeur au temps zéro. Ce test peut être faussement négatif lorsque le patient n'a pas de flore bactérienne de fermentation, ce qui est le cas de 10–15 % de la population (notamment après consommation d'antibiotiques ou administration de lavements). On rappelle que même si l'activité lactasique est élevée chez le nourrisson, la capacité d'absorption des hydrates de carbone n'est pas totale avant plusieurs mois, c'est pourquoi l'interprétation des tests respiratoires est difficile avant l'âge de 4 mois. La déficience primaire en lactase est un problème

d'ethnomédecine. Approximativement, 20 % des enfants d'origine méditerranéenne, asiatique ou africaine présentent un déficit en lactase avant l'âge de 5 ans. L'analyse génétique démontrant l'absence de LCT–13910 C/T ou LCT–22018 G/A est un bon indicateur d'intolérance primaire au lactose. Cette intolérance peut en effet être secondaire à une parasitose, une maladie atrophiant les villosités.

Test utilisant du sorbitol

Il est évoqué dans des études concernant la maladie cœliaque, les douleurs abdominales et les diarrhées d'enfants consommant des jus de fruits en particulier des jus de pomme. On peut utiliser 0,5 g/kg de sorbitol dans une solution à 2 %, le jus de pomme consommé par l'enfant ou même du chewing-gum contenant du sorbitol.

Test utilisant le glucose

Il permet de détecter une pullulation microbienne. Une dose de 1 g/kg est administrée. Les prélèvements sont pratiqués toutes les 15 minutes ou plus pendant au moins 1 heure. Le résultat est positif lorsque le taux d'hydrogène s'élève d'au moins 10 ppm par rapport à la valeur au temps zéro.

Test utilisant le lactulose

Il permet de détecter une pullulation microbienne si une élévation de 10 ppm est observée durant la première heure et d'évaluer le temps de transit orocæcal (TTOC) lorsqu'un pic apparaît au-delà de cette période. Ce type d'évaluation du transit orocæcal n'implique pas uniquement le fonctionnement de l'intestin grêle, mais ainsi la vidange gastrique qui ne répond pas aux mêmes mécanismes de contrôle. Après l'ingestion de la solution, la prise d'un repas ne contenant pas de sucres rapides a été proposée afin de rompre les CMM et d'harmoniser les résultats du test. Une dose de 0,25 g/kg (maximum 10 g) est administrée. Une solution à 10 % est proposée dans la mesure où le TTOC dépend également de la dilution du substrat [16]. On considère que le temps de transit normal est de l'ordre de 60 à 90 minutes.

Tests au carbone 13 (^{13}C)

Les tests au ^{13}C les plus couramment utilisés étudient la vidange gastrique et le dépistage des infections par HP. Afin de bien interpréter les résultats, il faudrait connaître le métabolisme de base et la production endogène de CO_2 du patient, ce qui n'est pas réaliste. Toutefois, les calculs doivent tenir compte de la production attendue théoriquement en fonction de l'âge, du poids et du sexe du patient. La proportion de $^{13}CO_2$ contenue dans l'air expiré au temps zéro dépend de l'alimentation habituelle du patient et en particulier chez le nourrisson dont les laits contiennent par exemple des huiles issues du maïs.

Étude de la vidange gastrique

L'étude de la vidange gastrique des solides nécessite que 50 mg d'acide octanoïque soient cuits dans un jaune d'œuf accompagnant une tranche de pain blanc beurré ou incorporés dans une préparation (ex. : une crêpe). L'étude de la vidange de repas liquides (chez les nourrissons ou les patients nourris par des liquides) nécessite également 50 mg d'acide octanoïque solubilisés avec 1 g de polyéthylène glycol 3350 dans l'eau nécessaire à la préparation du biberon, le tout étant réchauffé avant mélange avec la poudre de lait.

Avec des temps de prélèvements à 0, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 minutes après l'ingestion du repas, les T1/2 obtenus sont bien corrélés à ceux obtenus en scintigraphie. Le T1/2 calculé par cette technique est normalement ≤ 120 min. On note que l'acide valproïque perturbe l'oxydation hépatique de l'acide octanoïque.

Diagnostic d'une infection gastrique par Helicobacter pylori

Il peut se faire par un test à l'urée ^{13}C. La dose d'urée ^{13}C administrée par voie orale est de 2 mg/kg avec un maximum de 100 mg. Cependant, pour des raisons de rationalisation des préparations des doses, on peut admettre de donner 50 mg aux enfants de moins de 15 kg et 75 mg, voire 100 mg au-delà. L'enfant est invité à boire un peu de liquide acide (un jus d'orange, par exemple) avec la dose totale d'urée ^{13}C puis à boire encore au moins 75 mL. La sensibilité et la spécificité du test sont supérieures à 95 % pour un seuil de 3,5 delta ‰ à 20 minutes dans une large série de 178 tests pratiqués chez 144 enfants dont le statut vis-à-vis de l'infection par HP est contrôlé par ailleurs par analyses histologiques et bactériologiques de biopsies gastriques [17].

Techniques d'explorations du tractus digestif inférieur

Étude du temps de transit colique

Principe

L'évaluation du temps de transit colique total voire segmentaire repose sur le principe de la surveillance radiologique de la progression de marqueurs radio-opaques.

Matériel

En pédiatrie, les marqueurs (Marquat Génie Biomédical) sont avalés un à un au cours d'un même repas, les patients arrivent à accomplir ce test vers l'âge de 3 ans et demi le plus souvent.

Réalisation de l'examen

Afin d'éviter une irradiation inutile, nous utilisons la technique simplifiée dans laquelle le sujet avale à 24 heures d'intervalle 20 marqueurs de formes différentes chaque jour, durant 3 jours. La radiographie (ASP) est pratiquée le quatrième jour et éventuellement encore au septième jour [18]. Les temps de transit sont calculés selon la formule : temps de transit total = 1,2 (N1 + N2 + N3) où N1, 2 et 3 représentent le nombre de marqueurs dans le côlon proximal, distal et le rectosigmoïde à J4. Ces trois secteurs sont assez grossièrement définis par des repères squelettiques qui permettent de tracer trois lignes convergeant vers le milieu de L5 (*cf.* chapitre 10).

Interprétation de l'examen

Les normes pédiatriques dépendent de l'âge et des habitudes alimentaires, les études sont peu nombreuses (tableau 15-1). D'autres façons de distinguer les secteurs N1, N2, N3 sont proposés dans la littérature, ce qui ajoute à la difficulté d'interprétation des résultats; de plus, les variations anatomiques sont nombreuses et le cæcum ou le sigmoïde peuvent être aussi bien compris dans le secteur N1 que N3. Pour augmenter la fiabilité du test, nous acceptons que dix marqueurs seulement soient ingérés (le calcul se fait alors avec un coefficient de 2,4).

Indication

Nous utilisons ce test essentiellement pour aider les patients et leur famille à comprendre la réalité ou les caractéristiques de la constipation. En effet, il n'est pas rare que l'encoprésie ou les situations complexes comme celles des patients atteints de malformations anorectales ou médullaires soient mieux gérées après une explication ainsi illustrée.

Manométrie colique

Principe

Le principe est identique à celui décrit chez l'adulte.

Matériel

On utilise des sondes munies de quatre à huit capteurs espacés de 5, 10 ou 15 cm selon la taille de l'enfant. Idéalement, la sonde est munie d'un

Tableau 15-1 Temps de transit colique normal chez l'enfant d'âge scolaire.

	Patients (n)	Limites supérieures de la normale (heures)			
		Total	*Droit*	*Gauche*	*Rectosigmoïde*
France Arhan, 1981	24	62	18	20	34
Espagne Bautista, 1991	10	50	18	17,5	19
Brésil Zaslavsky, 1998	13	56,5	14,6	23,5	37
Espagne Gutierrez, 2001	30	46	19	19	32

canal central et est perfusée à 10 mL/h au moins pour assurer la vacuité des orifices.

Réalisation de l'examen

Cet acte nécessite une préparation colique, si possible une préparation par voie orale, et une sédation voire une anesthésie générale. Le placement sous contrôle fluoroscopique est possible mais très irradiant. Il est cependant prudent de vérifier l'état de la muqueuse colique au cours d'une coloscopie notamment pour les côlons exclus. En effet, la présence d'une colite de dérivation peut faussement modifier les performances motrices enregistrées. La sonde est le plus souvent montée au cours de cette endoscopie. Un guide en Teflon® sur lequel la sonde est glissée est monté dans le côlon. Il est malheureusement fréquent, après aspiration de l'air et retrait de l'endoscope, de voir migrer le guide, bien placé dans le cæcum, vers le côlon transverse. Un contrôle radiologique de la position respective des capteurs de pression est impératif et doit être assuré en début et fin d'examen (avant le test de provocation au bisacodyl s'il est indiqué). Chez le petit enfant, l'examen est particulièrement difficile à réaliser dans la mesure où il lui est demandé de rester calme mais de ne pas s'endormir, alors qu'il est à jeun depuis plusieurs heures et que nous devons attendre qu'il ne soit plus sous l'effet de la sédation.

Interprétation de l'examen

L'activité contractile préprandiale est tonique et phasique, peu propagée, rétro- ou antérograde; les activités haustrales, non propagées ne se voient pas chez le nourrisson. On admet en général qu'un enregistrement à jeun est de peu d'intérêt, aussi on peut proposer la prise d'un repas d'une valeur calorique significative de 20 Kcal/kg comportant 30 % de lipides après une heure d'enregistrement de jeûne. Ce stimulus naturel doit être adapté à la capacité digestive de l'enfant, il modifie l'activité motrice colique. L'aire sous la courbe de pression (index moteur) est difficile à calculer en raison des nombreux artéfacts enregistrés; théoriquement l'index moteur 30 à 60 minutes après le repas doit être le double de l'index moteur préprandial. Cette stimulation peut également faire apparaître des contractions propagées de grande amplitude (HAPC) de 80 mmHg et durant 10 secondes environ, une trentaine de minutes après le repas, nettement plus rapidement chez les nourrissons (5 à 10 minutes). La manométrie est poursuivie pendant 1 heure. Si aucune HAPC n'est observée spontanément, l'administration locale de bisacodyl, à la dose de 0,2 mg/kg (maximum 5 mg) diluée dans 5 mL de sérum physiologique, est pratiquée par le canal central de la sonde. Normalement, elle fait apparaître des HAPC dans les 5 minutes (ou avec un retard de 10 minutes si l'injection est rectale) [19]. Ce moment est mal vécu par les enfants qui ressentent de violentes crampes et une urgence défécatoire. La technique d'enregistrement de 24 heures a déjà été utilisée à des fins de recherche chez l'enfant.

Indication

Cet examen est rarement indiqué, il est utile dans des situations d'extrême constipation et de tableaux faisant suspecter une pseudo-obstruction intestinale chronique. Il est justifié avant de décider la remise en continuité ou la colectomie chez un enfant chez qui la confection d'une jéjunostomie a permis une alimentation entièrement entérale ou lorsqu'une greffe d'intestin est envisagée.

Manométrie anorectale

Principe de la technique

Il est le même qu'en médecine adulte. Au début de la vie, la défécation est un acte réflexe, la distension rectale est à l'origine du besoin et de deux réflexes locaux innés : le réflexe rectorectal, contraction rectale propulsive, et le réflexe recto-anal inhibiteur (RRAI), relaxation du sphincter anal interne (lisse), d'origine pariétale. Le RRAI n'est pas présent avant la 38e semaine de gestation, il est organisé au 12e jour de vie. On tient compte du fait que le contrôle de la continence ne s'acquière qu'au cours de la troisième année de vie environ (correspondant à la période de la marche contrôlée) et que l'évaluation de la sensibilité rectale et la partie dynamique des manométries anorectales ne se conçoit pas avant l'âge de 5 ans compte tenu du développement psychomoteur et psychoaffectif de l'enfant.

Matériel

Il existe deux types d'équipement utilisant soit des sondes à capteurs internes, soit des sondes perfusées. On peut reprocher au matériel perfusé de provoquer des réactions de retenue chez certains enfants gênés par cette perfusion. Il existe plusieurs modèles de sondes. Les sondes d'Arhan constituées d'un cathéter perfusé qui mesure la pression rectale et de deux ballons remplis d'eau, non perfusés, destinés à l'enregistrement des pressions du sphincter anal interne pour le proximal et externe pour le plus distal ; l'écart entre les ballons varie selon les modèles (nourrisson 1 cm, calibre de la sonde 15 fr). Pour les nouveau-nés, il est possible d'utiliser des sondes confectionnées à partir de sondes d'alimentation de petit calibre, indépendantes l'une de l'autre, enregistrant pour l'une le rectum et pour l'autre le sphincter anal interne. Certaines sondes peuvent comporter plusieurs canaux dont les orifices disposés de manière radiaire et espacés de 0,5 cm explorent la zone anale. Il existe également un modèle de sonde comportant, outre les cathéters perfusés pour les mesures de pression à l'anus et au rectum, un conduit à double voie permettant d'insuffler le ballon et de mesurer la pression dans le ballon afin d'apprécier la compliance rectale. L'extrémité des sondes est garnie de ballon si possible exempt de latex, de 1 × 1 cm chez les nouveau-nés et de 3 × 5 cm chez les enfants.

Réalisation de l'examen

L'enfant ne doit pas être à jeun, le nourrisson ne doit pas obligatoirement recevoir de préparation rectale. L'examen doit cependant se faire ampoule rectale vide et à distance d'une période de désimpaction. Le midazolam (oral, intrarectal ou intranasal) ou le protoxyde d'azote équimolaire (respiré au masque) peuvent être administrés chez le patient rebelle sans altérer les résultats de l'examen. Toutefois, il ne faut pas oublier que les gestes préparatoires à l'examen (lavement, TR) et l'examen lui-même sont invasifs et doivent se négocier avec l'enfant dont nous ne connaissons pas toujours le contexte.

On explore, à tout âge, le tonus anal de base, la longueur du canal anal, l'existence d'un réflexe anal inhibiteur. Le réflexe recto-anal inhibiteur est recherché chez le nourrisson par des stimulations allant de 2 à 15 mL d'air environ. Certains indices de mimique ou d'agitation motrice peuvent faire deviner une sensibilité rectale à la distension progressive.

Chez l'enfant d'âge scolaire, ou préscolaire parfois, les stimulations se font avec des volumes allant de 5 à 60 mL et l'on peut explorer la sensibilité rectale (perception consciente) de sensation permanente (seuil critique), de besoin urgent (volume maximum tolérable), l'adaptation de la pression rectale aux modifications de volumes, la retenue et la poussée tout comme chez l'adulte en étudiant la contraction (amplitude et durée) et la poussée (synergie, efficacité).

Interprétation de l'examen

Un examen bien conduit, avec initiation de l'enfant à la compréhension de son pouvoir sur les courbes à l'écran, dure à peu près une heure. Des différences notables existent entre les limites de la normale proposée selon les auteurs et les précisions selon les tranches d'âges manquent fréquemment. Comme souvent dans les techniques manométriques, les normes dépendent des qualités intrinsèques des équipements utilisés. Nous rapportons dans le tableau 15-2 les résultats obtenus par Loening-Baucke pour des enfants normaux âgés de 5 à 16 ans [20].

Tableau 15-2 Valeurs normales en manométrie anorectale chez l'enfant de 5 à 16 ans*.

	Moyenne (DS)
Tonus anal de repos	67 ± 12 mmHg
Tonus maximum par contraction volontaire	140 ± 52 mmHg
Réflexe recto-anal inhibiteur (RRAI) (seuil d'apparition)	11 ± 5 mL
Longueur du canal anal	3,3 ± 0,8 cm
Seuil de sensation rectale	14 ± 7 mL
Volume de relaxation permanente	104 ± 49 mL
Volume critique	101 ± 39 mL

* D'après Loening-Baucke V. Anorectal manometry and biofeedback training. In : Hyman PE. Ed. *Pediatric gastrointestinal motility disorders*. New York : Academy Professional Information Systems, Inc. ; 1994.

Indications

L'examen se justifie dans des situations de constipation avec ou sans encoprésie, résistant aux conseils d'hygiène de vie et en fonction de certains éléments anamnestiques et cliniques. Les anomalies les plus fréquemment observées sont l'anisme et le défaut de sensibilité rectale avec mégarectum. Ces deux anomalies, parfois associées, sont responsables d'une stase rectale avec constipation et/ou encoprésie. Le diagnostic de la maladie de Hirschsprung peut être posé par la MAR. Dans cette pathologie, le RRAI est absent et la compliance rectale est diminuée. L'examen manométrique est de réalisation délicate en bas âge et les évaluations de sa sensibilité et spécificité varient selon les études. Dans une étude de 52 enfants âgés de 2 à 90 jours, il est rapporté une sensibilité de 91 % et une spécificité de 56 % [21]. En cas d'absence de RRAI, le diagnostic est confirmé par une biopsie rectale permettant au moins l'examen de la sous-muqueuse. Les faux positifs peuvent être expliqués par l'importance de la dilatation rectale (défaut de stimulation). L'examen est indiqué également après certaines opérations pour maladie de Hirschsprung. En effet, malheureusement, certains enfants présentent des problèmes de continence anale ou de constipation après l'intervention chirurgicale. Les statistiques sont variables et dépendent essentiellement de la technique chirurgicale utilisée. La plupart des patients continuent à ne pas avoir de RRAI. Cet examen est également indiqué dans la surveillance post-chirurgicale d'atrésie anale, de tumeurs pelviennes, de traumatismes. Dans les myéloméningocèles, un nombre important de patients garde une incontinence fécale d'origine neurologique. De nombreux patients présentent en plus une insensibilité rectale; cette anomalie jointe à l'hypotonie du sphincter et à l'impossibilité d'une contraction volontaire participent à l'incontinence.

Références

[1] Hyman PE, Milla PJ, Benninga MA, Davidson GP, Fleisher DF, Taminiau J. Childhood functional gastrointestinal disorders : neonate/toddler. Gastroenterology 2006; 130 : 1519–26.

[2] Rasquin A, Di Lorenzo C, Forbes D, Guiraldes E, Hyams JS, Staiano A, Walker LS. Childhood functional gastrointestinal disorders : child/adolescent. Gastroenterology 2006; 130 : 1527–37.

[3] Working Group of the European Society of pediatric gastroenterology and nutrition. A standardized protocol for the methodology of esophageal pH monitoring and interpretation of the data for the diagnosis of gastroesophageal reflux. J Pediatr Gastroenterol Nutr 1992; 14 : 467–71.

[4] Rudolph CD, Mazur LJ, Liptak GS, Baker Rt D, Boyle JT, Colletti RB et al. Guidelines for evaluation and treatment of gastroesophageal reflux in infants and children : recommendations of the North American Society for pediatric gastroenterology and nutrition. JPGN 2001; 32 Supplement 2, S1.

[5] Bagucka B, Badriul H, Vandemaele K, Troch E, Vandenplas Y. Normal ranges of continuous pH monitoring in the proximal esophagus. J Pediatr Gastroenterol Nutr 2000; 31 : 244–7.

[6] Nelson SP, Chen EH, Syniar GM, Christoffel KK. Prevalence of symptoms of gastroesophageal reflux during infancy. A pediatric practice-based survey. Pediatric Practice Research Group. Arch Pediatr Adolesc Med 1997; 151 : 569–72.

[7] López-Alonso M, Moya MJ, Cabo JA, Ribas J, del Carmen Macías M, Silny J et al. Twenty-four-hour esophageal impedance-pH monitoring in healthy preterm neonates : rate and characteristics of acid, weakly acidic, and weakly alkaline gastroesophageal reflux. Pediatrics 2006; 118 : 299–308.

[8] Rosen R, Furuta G, Fritz J, Donovan K, Nurko S. Role of acid and nonacid reflux in children with eosinophilic esophagitis compared with patients with gastroesophageal reflux and control patients. JPGN 2008; 46 : 520–3.

[9] Omari TI, Miki K, Fraser R, Davidson G, Haslam R, Goldsworthy W et al. Esophageal body and lower esophageal sphincter function in healthy premature infants. Gastroenterology 1995; 109 : 1757–64.

[10] Devouge E, Michaud L, Lamblin MD, Guimber D, Turck D, Gottrand F. Arch Primary oesophageal motor disorder in children, genuine achalasia excluded. Pediatr 2002; 9 : 664–70.

[11] Gilger MA et al. Indications for pediatric oesophageal manometry : a medical position statement of the North American Society for gastroenterology and nutrition. JPGN 1997; 24 : 616–8.

[12] Goutet JM, Lamblin MD, Mahler T, Maudinas R, Scaillon M. Manométrie œsophagienne chez l'enfant. Recommandations pratiques. Site Internet : www.med.univ-angers.fr/invite/gfhgnp/Recom/manometrieoesophagienne.htm

[13] Tomomasa T, DiLorenzo C, Morikawa A, Uc A, Hyman PE. Analysis of fasting antroduodenal manometry in children. Dig Dis Sci 1996; 41 : 2195–203.

[14] Siebert JJ, Byrne WJ, Euler AR, Lature T, Leach M, Cambell M. Gastroesophageal Reflux the acid test : scintigaphy or pH probe. AJR 1983; 140 : 14087–90.

[15] Piepz A, Ham H. Newer tests and procedures. In : Rozen. Pediatric gastroenterology 1. Karger ; 1989, 13–232.
[16] Murphey MS, Nelson R, Eastham EJ. Measurement of small intestinal transit time in children. Acta poediatr Scand 1988 ; 77 : 802–6.
[17] Cadranel S, Corvaglia L, Bontems P, Deprez C, Glupczynski Y, Van Riet A, Keppens E. Detection of Helicobacter pylori infection in children with a standardized and simplified 13C-urea breath test. JPGN 1998 ; 27 : 275–80.
[18] Metcalf AM et al. Simplified assessment of segmental colonic transit. Gastroenterology 1987 ; 92 : 40–7.
[19] Hamid SA, Di Lorenzo C, Reddy SN, Flores AF, Hyman PE.Bisacodyl and high-amplitude-propagating colonic contractions in children. JPGN 1998 ; 27 : 398–402.
[20] Loening-Baucke V. Anorectal manometry and biofeedback training. In : Hyman PE. Ed. Pediatric gastrointestinal motility disorders. New York : Academy Professional Information Systems, Inc. ; 1994.
[21] Emir H et al. Anorectal manometry during the neonatal period : its specificity in the diagnosis of Hirschsprung's disease. Eur J Pediatr Surg 1999 ; 9 : 101–3.

Chapitre 16

Gestion du risque et qualité en explorations fonctionnelles digestives

E.-H. Metman, A. Aubourg, L. Negreanu, J.-P. Barbieux

Les troubles de la motricité et les troubles fonctionnels digestifs sont fréquents et sont un des principaux motifs de consultation en gastro-entérologie. Ils sont parfois de diagnostic difficile et sont responsables d'une diminution de la qualité de vie. Leur exploration nécessite un laboratoire dédié, avec des compétences techniques et humaines particulières, qu'il soit autonome ou au sein d'un laboratoire d'explorations fonctionnelles diversifiées.

Quels moyens doivent être mis en œuvre pour disposer d'une unité d'explorations fonctionnelles digestives, répondant à des critères de qualité et d'efficience ?

Matériel

Le matériel de base nécessaire pour la réalisation des examens d'explorations fonctionnelles digestives comprend les chaînes de manométrie, les sondes à usage unique ou à microcapteurs pour les examens de manométrie, les sondes et boîtiers de pH-métrie, un matériel informatique pour l'analyse et le stockage des données, les dispositifs de recueil d'analyse de l'air expiré pour les tests respiratoires, un système d'aspiration pour les tubages. D'autres explorations peuvent être développées dans des services plus spécialisés, dans les centres tertiaires (impédancemétrie, manométrie du grêle ou du côlon ; manométrie haute résolution, barostat, électromyographie anale, *biofeedback*). Certaines techniques sont d'indication rare et ne devraient être pratiquées que par un nombre limité de centres de référence (encadré 16-1) [1].

Encadré 16-1

Laboratoire d'explorations fonctionnelles*

- Centres primaires :
  - manométrie œsophagienne
  - pH-métrie
  - manométrie anorectale ± *biofeedback*
  - test respiratoire à l'hydrogène
  - tubage gastrique
  - temps de transit aux pellets
- Centres de référence :
  - impédancemétrie
  - manométrie du grêle, manométrie colique
  - manométrie haute résolution, manométrie holter
  - barostat
  - électromyographie anale
  - vidange gastrique (scintigraphie, tests respiratoires)
  - électrogastrographie

* D'après Parkman HP, Orr WC. The gastrointestinal motility laboratory. *Gastrointest Endosc Clin N Am* 2009 ; 19 : 171-84, viii.

Les Explorations fonctionnelles digestives

Sondes de manométrie et pH-métrie

Elles représentent un des principaux équipements d'une unité d'explorations fonctionnelles digestives.

Les sondes de manométrie utilisées en pratique courante peuvent être à usage unique (cathéters perfusés) ou réutilisables (sondes à microcapteurs électroniques, sondes de rééducation d'électromyographie).

L'utilisation des sondes à usage unique (qui permettent une meilleure gestion du risque infectieux) s'est généralisée pour les examens de pratique courante, notamment les manométries et les pH-métries œsophagiennes.

Selon les réglementations communautaires européennes applicables à l'ensemble des dispositifs médicaux, tout le matériel médical (y compris les sondes, les logiciels, etc.) doit être muni du marquage CE. La fabrication de sondes « artisanales » est donc en pratique désormais interdite ; cependant « l'utilisation de matériel CE conforme peut être assemblé ou adapté pour un patient individuel » [2]. Par exemple, une sonde radio-opaque à usage médical peut être fractionnée en pellets pour mesure du temps de transit, mais l'usage d'un sac en polyéthylène du commerce pour une sonde à barostat doit être proscrite.

Les sondes de manométrie sont construites habituellement en polyvinyle plus rarement en silicone. Trois types sont utilisés :

- les sondes à ballonnets ;
- les sondes à perfusion capillaire ;
- les sondes à microcapteurs électroniques (les plus fiables mais avec l'inconvénient de leur fragilité et de leur coût).

Ces sondes à microcapteurs peuvent être utilisées dans la manométrie du grêle (trois capteurs), la manométrie holter de l'œsophage (trois capteurs) et la manométrie oesophagienne haute résolution (trente-six capteurs).

Des sondes à miniballonnets transmettant la pression par une colonne d'air, à usage unique, peuvent être utilisées pour la réalisation de manométrie œsophagienne, mais sont limitées à trois voies et d'usage encore peu répandu (Latitude®). Des sondes à ballonnets hydrostatiques a usage unique peuvent être utilisées pour les manométries anorectales (sondes d'Arhan, Marquat®). Elles présentent comme inconvénients un remplissage des ballonnets avant l'utilisation. Certains lui reprochent une modification de la pression de repos induite par la force des ballonnets et la difficulté à mesurer la longueur du canal anal.

Les sondes à perfusion capillaire (type Arndorfer) sont les plus répandues dans le cadre des manométries œsophagiennes et sont utilisées préférentiellement par certains laboratoires pour la manométrie anorectale. Pour les sondes de manométrie anorectale, la prise de pression n'est réalisée qu'au niveau du point de perfusion limitant l'étude des zones de pression asymétriques ; par ailleurs, la perfusion d'eau au niveau du canal anal peut être source d'artéfacts et de réflexes anormaux. Elles sont plus simples d'utilisation que les sondes d'Arhan. Le *biofeedback* anorectal utilise soit des sondes de manométrie (sondes d'Arhan ou cathéters perfusés) pour lesquels l'usage unique représente un coût acceptable, soit la stimulation électrique réalisée à l'aide d'un dispositif à électrodes de surface réutilisables par le même patient au cours des différentes séances de *biofeedback*, permettant ainsi de diminuer le coût de ces électrodes par malade, coût pris en charge par la Sécurité sociale.

Pour les sondes de manométries œsophagiennes perfusées, les capteurs de pression sont répartis tous les 5 cm, avec pour l'étude du sphincter inférieur de l'œsophage soit trois capteurs disposés de façon radiaire au même niveau afin de s'affranchir du caractère asymétrique de la pression du SIO, soit deux ou trois capteurs espacés de 1 cm afin de s'affranchir des artéfacts de mouvement. Il existe plusieurs fournisseurs de sondes à usage unique et certains peuvent réaliser des configurations à la demande du clinicien (Marquat®, France). Chez l'adulte, des sondes de six capteurs paraissent un minimum indispensable, chez l'enfant trois capteurs sont habituels.

Les sondes de pH-métrie sont de deux types principaux, en verre ou en antimoine. Les électrodes en verre présentent des caractéristiques

techniques meilleures que les électrodes en antimoine (temps de réponse, dérive, durée de vie) mais leur coût incite le plus souvent à utiliser ces dernières dans la pratique courante. Un troisième type est la sonde à capteur chimique ISFET qui a des qualités théoriques proches des sondes en verre ; elle est constituée d'un matériau sensible à la concentration en ions hydrogène (nitrate de silicium, oxyde d'aluminium ou tantale). L'évolution technique pour ces trois types de sondes a concerné la place de l'électrode de référence et leur caractère unique ou réutilisable. Les électrodes combinées, comprenant à la fois électrode de mesure et électrode de référence, sont désormais utilisées.

Les sondes à usage unique sont disponibles pour les différents types de sonde (antimoine, verre, ISFET), et leur utilisation est recommandée. Il existe également des sondes sans fil à transmission radio (système Bravo®) mais leur usage est limité par leur coût et en pratique l'impossibilité d'un enregistrement double voie. On peut souligner l'importance de la connectique et de sa fiabilité dans le choix du matériel, afin d'assurer une qualité et une interprétation optimales.

Chaînes de perfusion en manométrie

En manométrie œsophagienne, le système de référence reste le système pneumohydraulique d'infusion capillaire de type Arndorfer. Le débit de perfusion des capillaires est habituellement réglé à 0,5 mL/min : un débit supérieur augmenterait la sensibilité des enregistrements aux dépens d'une moins bonne tolérance du patient. En manométrie anorectale, à côté du système de perfusion de type Arndorfer, il est possible d'utiliser une poche de perfusion à manchon sous pression, avec des résultats satisfaisants en raison d'une pression de perfusion nécessaire inférieure à celle de la manométrie œsophagienne (5 psi contre 15 psi en manométrie haute) du fait du caractère moins rapide des événements moteurs. Ces systèmes à poches de perfusion, identiques aux modèles utilisés en urologie, sont branchés également sur des capillaires mais d'entretien plus aisé. Les capteurs de pression à usage unique « réutilisés » sont identiques.

Gestion du risque infectieux

Le principal risque présenté par les explorations fonctionnelles digestives est le risque de transmission d'agents infectieux. Il n'existe pas à ce jour de recommandations officielles sur la désinfection du matériel utilisé en explorations fonctionnelles. En pratique, les techniques de désinfection du matériel utilisé s'inspirent des recommandations officielles sur la désinfection des matériels d'endoscopie actualisées en 2004 [3, 4]. Chaque centre doit, en partenariat avec le Centre de lutte des infections nosocomiales, définir un protocole et mettre en œuvre un processus de traçabilité.

La prévention du risque infectieux concerne les sondes (manométrie et pH-métrie) mais également les systèmes de perfusions utilisés en manométrie.

Pour les sondes à usage unique l'identification du lot de la sonde doit figurer sur le compte rendu de l'examen afin d'assurer la traçabilité.

Par analogie avec le matériel endoscopique, le matériel d'explorations fonctionnelles réutilisable peut être classé dans le matériel dit « semi-critique » et le niveau de risque infectieux considéré comme médian en raison du contact du matériel utilisé avec la muqueuse. Le traitement requis du matériel médical est de ce fait une désinfection de niveau intermédiaire selon la terminologie française (qui diffère de la terminologie américaine), avec une action bactéricide, fongicide, virucide, tuberculocide et mycobactéricide [5]. Ce procédé de désinfection ne permet pas d'éliminer l'ensemble des spores bactériennes (contrairement à la stérilisation ou la désinfection de haut niveau) [6]. Le tableau 16-1 décrit les différents niveaux de désinfection requis selon le type de matériel et le type d'utilisation.

Le problème de la transmission d'agents infectieux non conventionnels (ATNC) reste entier. En cas de facteurs de risque (traitements antérieurs par hormones de croissance ou gonadotrophines extractives, antécédents d'intervention

Tableau 16-1 Protocoles de désinfection du matériel d'explorations fonctionnelles.

Utilisation du matériel	Risque infectieux	Traitement requis
Système vasculaire Cavité stérile	Haut	Stérilisation 134 °C, 18 minutes ou usage unique
		À défaut haut niveau de désinfection : glutaraldéhyde 2 %, 60 minutes
Contact avec une muqueuse (gastroscope, coloscope)	Médian	Désinfection de niveau intermédiaire : glutaraldéhyde 2 %, 20 minutes ou acide peracétique
Pas de contact avec une muqueuse, contact avec une peau intacte	Bas	Désinfection de bas niveau (produits détergents–désinfectants)

neurochirurgicale avec greffe de dure-mère ou greffe de cornée, antécédents familiaux suspectés ou avérés de maladie de Creutzfeldt-Jacob) ou d'une suspicion clinique de maladie de Creutzfeldt-Jacob, l'examen doit être réalisé avec une sonde à usage unique [7]. Cependant l'apparition du nouveau variant de la maladie de Creutzfeldt-Jacob rend cette circulaire un peu obsolète. En effet, en l'absence des facteurs de risque précédemment cités, le risque de transmission ne peut être considéré nul. Pour le matériel d'explorations fonctionnelles digestives qui ne peut être traité par l'acide peracétique, l'utilisation de matériel à usage unique doit de ce fait être privilégiée.

Par exemple, pour les sondes à microcapteurs électroniques même si elles sont mises en place avec un manchon protecteur jetable, la procédure suivante inspirée des recommandations sur la désinfection des endoscopes peut être adoptée :

- essuyage à l'aide d'une compresse humide ;
- immersion dans un détergent durant 15 minutes ;
- rinçage à l'eau ;
- désinfection dans une solution bactéricide, fongicide et virucide durant 30 minutes ;
- rinçage ;
- séchage.

Les sondes à microcapteurs ne permettant pas le recours à l'acide peracétique, l'utilisation de glutaraldéhyde reste encore nécessaire, alors que les sondes de type sonde à manchon *(sleeve)* de Dent en silicone tolèrent l'acide peracétique. Le détergent utilisé dans ce cas doit être différent en raison de l'harmonisation nécessaire de pH des solutions. Les encadrés 16-2 et 16-3 décrivent des exemples de protocoles de désinfection.

Encadré 16-2

Protocole de désinfection de la sonde à manchon de Dent (silicone)*

Unité d'explorations fonctionnelles digestives, CHU Trousseau, Tours

- Désinfection après stockage :
  - acide peracétique 10 minutes
  - rinçage à l'eau filtrée 5 minutes
- Désinfection :
  - détergent enzymatique (Aniosyme pH 7®)
  - rinçage à l'eau
  - acide peracétique 15 minutes
  - rinçage à l'eau filtrée 5 minutes
  - séchage
  - stockage

* Stérilisation en autoclave selon le fabricant.

Les produits de désinfection ont évolué en quelques années. Le glutaraldéhyde (solution à 2 %) est de moins en moins utilisé actuellement en raison des risques de toxicité qu'il présente pour le personnel mais aussi pour les patients (colites après désinfection de coloscopes au glutaraldéhyde et défauts de rinçage) [8, 9]. Une des alternatives réside en l'utilisation de solutions désinfectantes à base d'aldéhydes moins toxiques (sans glutaraldéhyde) ou d'acide peracétique.

Actuellement, l'acide peracétique est plus largement utilisé, mais des précautions de protection du personnel soignant (ventilation générale du local, protections individuelles combinant masques respiratoires, lunettes de protection oculaire et gants à manchettes longues) restent nécessaires.

Encadré 16-3

Protocole de désinfection de la sonde de manométrie du grêle

Unité d'explorations fonctionnelles digestives, CHU Trousseau, Tours

- Désinfection après stockage :
  - glutaraldéhyde 15 minutes
  - rinçage à l'eau filtrée 5 minutes
- Désinfection :
  - détergent à bas d'ammonium quaternaire (Salvanios®) à pH 7 : 15 minutes
  - rinçage à l'eau
  - glutaraldéhyde 30 minutes
  - rinçage à l'eau filtrée
  - séchage
  - stockage

L'acide peracétique présente également l'avantage d'une action plus marquée sur le biofilm (communauté de microbes enrobés dans un matériel de polymères organiques adhérent à une surface), particulièrement impliqué dans les infections nosocomiales, en comparaison avec le glutaraldéhyde [10]. Cette action de l'acide peracétique sur le biofilm reste cependant inférieure à celle d'autres produits désinfectants, comme le peroxyde d'hydrogène [11]. De plus la compatibilité des sondes de manométrie holter avec l'acide peracétique n'est pas établie.

Le rôle du séchage dans la prévention du risque infectieux lié au matériel d'endoscopie (et donc par extension du matériel d'explorations fonctionnelles digestives) a été souligné par plusieurs sociétés savantes. Avant le séchage proprement dit utilisant de l'air forcé ou comprimé, une application externe de solution alcoolique à 70–90 % peut être utilisée pour augmenter son efficacité. Cependant la place du séchage dans les recommandations officielles est variable, entre sa réalisation entre chaque patient ou avant stockage de l'appareil [12].

Les chaînes de manométrie et les systèmes de perfusion capillaire nécessitent également une prise en charge spécifique car le risque de contamination est réel. Les recommandations d'entretien et de désinfection varient selon les fabricants de chaînes de manométrie. Un séchage de la chaîne de perfusion est habituellement recommandé de façon quotidienne afin de limiter la prolifération bactérienne : flacon séché avec bouchon stocké séparément, séchage des capillaires et nettoyage–séchage des capuchons à usage unique des capteurs de pression. De plus, une désinfection de toute la chaîne de manométrie est préconisée une fois par mois habituellement. La désinfection peut être chimique en emplissant la chambre d'équilibre d'une solution désinfectante puis en perfusant le système capillaire durant 20 minutes avant un double rinçage à l'eau stérile (Arndorfer®, MuiScientific®), puis séchage.

L'utilisation de solutions à base de glutaraldéhyde est souvent recommandée, notamment dans les manuels utilisateurs des chaînes de perfusion de manométrie [13]. Des solutions désinfectantes sans glutaraldéhyde peuvent être également utilisées. Parmi ces produits, le peroxyde d'hydrogène présente l'avantage de limiter le développement du biofilm, de façon plus significative que l'acide peracétique, par exemple [11], mais son application nécessite l'adaptation du système de pression pour éviter la corrosion [14]. L'intérêt de prélèvements réguliers (hebdomadaires ?) pour analyse du système de perfusion par les services d'hygiène est à étudier, afin de pouvoir anticiper des procédures de désinfection en cas de contamination.

Alfa *et al.* ont comparé plusieurs protocoles de désinfection des chaînes de manométrie utilisant comme désinfectant une solution de glutaraldéhyde à 2 %, de l'alcool à 70 % ou du peroxyde d'hydrogène. Le protocole permettant d'obtenir la moindre prolifération bactérienne consistait en un protocole de séchage quotidien associé à une désinfection mensuelle de tout le système par la solution de peroxyde d'hydrogène [14].

Outre les procédures de désinfection, l'attitude vis-à-vis des composantes renouvelables de la chaîne de perfusion n'est pas établie : à quel rythme doivent être remplacés les capillaires de perfusion, par exemple ? Les manuels d'utilisation des pompes de manométrie proposent en général un remplacement de ces composantes en cas d'usure ou d'obstruction par des impuretés sans

autre critère ni précision de durée d'utilisation maximale. Les capteurs de pression sont actuellement le plus souvent à usage unique, intégrés ou avec capuchon amovible. Ils sont habituellement « réutilisés » et changés mensuellement.

Démarche qualité

Salle d'explorations fonctionnelles

Le service d'explorations fonctionnelles digestives comporte en général une à deux salles permettant l'accueil des patients et présentant l'espace nécessaire pour la réalisation des explorations fonctionnelles courantes (manométries œsophagienne et anorectales, pH-métrie et tests respiratoires). Ces salles doivent être faciles d'accès pour les patients externes, qui représentent la grande majorité des patients en explorations fonctionnelles. Le service se trouve habituellement en continuité du service d'endoscopie digestive, permettant de partager les structures de désinfection et l'accès à une salle de radiologie. Une salle d'explorations doit être suffisamment spacieuse pour contenir les deux chaînes de manométrie indispensables que sont la manométrie œsophagienne et la manométrie anorectale.

L'encadré 16-4 décrit les éléments principaux nécessaires pour une salle d'explorations fonctionnelles digestives.

Encadré 16-4

Salle d'explorations fonctionnelles digestives

- Pièce de taille suffisante : 4 m × 5 m
- Point d'eau avec lavabo double
- Lieu de stockage des cathéters
- Table d'examen
- Oxygène, aspiration, air médical
- Chariot de réanimation à proximité
- Containers pour élimination des déchets biologiques et des aiguilles
- Matériel informatique (ordinateur, imprimante)
- Salle de désinfection à proximité (commune à l'endoscopie)
- Salle de repos et d'attente des patients à proximité

Recueil et analyse des données

L'enregistrement et l'interprétation en explorations fonctionnelles digestives sont désormais entièrement informatisés. Cette informatisation nécessite des précautions dans la sauvegarde des données, mais également une mise à jour et un paramétrage réguliers des logiciels afin d'assurer la qualité de l'interprétation des enregistrements. Par exemple, en pH-métrie l'analyse de la corrélation des événements peut donner des résultats différents suivant la fenêtre de temps utilisée et la prise en compte des chutes de pH avec un pH restant supérieure à 4, mais aussi du calcul de l'index de DeMeester donnant un résultat différent suivant la table des valeurs normales de ses composantes. Le bon paramétrage des sondes dans les logiciels en particulier pour la pH-métrie est aussi important (facteur de correction de température pour les sondes antimoines).

La qualité de l'examen dépend aussi d'un calibrage et d'un étalonnage corrects des sondes de manométrie et de pH-métrie (même si le logiciel contrôle maintenant souvent la qualité et le respect de cette étape).

Formation du personnel médical et paramédical

La réalisation quotidienne d'explorations fonctionnelles digestives de qualité nécessite la présence de personnel médical formé à la réalisation des examens.

En France, la formation théorique des gastro-entérologues sur les explorations fonctionnelles digestives repose sur la formation initiale au cours de l'internat, la formation médicale continue et un diplôme interuniversitaire d'explorations fonctionnelles digestives validant une formation théorique (70 heures) et pratique dans un laboratoire d'explorations fonctionnelles (40 heures). Le Groupe français de neuro-gastro-entérologie (GFNG) regroupe les principaux acteurs de la

neuro-gastro-entérologie française et organise une réunion annuelle pouvant rentrer dans le cadre de la formation médicale continue.

Il n'existe pas de formation universitaire dédiée aux explorations fonctionnelles pour les infirmières. La formation complémentaire nécessaire peut être réalisée lors de séjours dans des centres références. En pratique, il est fréquemment réalisé par l'encadrement d'un personnel plus ancien et expérimenté. La permanence des soins durant l'année nécessite en théorie la présence de deux infirmières spécialisées. Elles ont un rôle d'accueil et de renseignement des patients sur les examens programmés, un rôle d'assistant auprès du médecin dans la réalisation des examens diagnostiques de manométrie mais également un rôle direct dans la réalisation des séances de rééducation anorectale par *biofeedback* ou dans l'insertion des sondes d'enregistrement de pH-métrie, voire dans la réalisation des manométries standard.

La délégation des tâches est ici fréquente et le personnel infirmier prend un rôle de plus en plus important dans les unités d'explorations fonctionnelles digestives, mais il est indispensable que son activité ne soit pas indépendante du médecin. Il est fréquent que la conduite des examens soit modifiée selon les antécédents ou la pathologie suspectée chez le patient. De plus, l'interprétation se fait parfois en temps réel comme l'identification et l'analyse du sphincter inférieur de l'œsophage en manométrie. Le gastro-entérologue ne doit donc pas se contenter d'une interprétation *a posteriori*, après réalisation technique des examens par l'infirmier, et un dialogue régulier entre technicien et médecin est indispensable ainsi que l'établissement et le respect de procédures pour chaque type d'exploration [1].

Recommandations officielles

Des recommandations de bonne pratique de la manométrie œsophagienne et de la pH-métrie œsophagienne ont été publiées en France [15, 16]. Ces recommandations permettent de standardiser leur réalisation et d'aider à l'interprétation. Cependant, l'exigence sur l'activité des services d'explorations fonctionnelles digestives est moins développée dans notre pays en comparaison avec les États-Unis. L'ANMS *(American Neurogastroenterology and Motility Society)* tient à jour un registre des laboratoires d'explorations fonctionnelles. Pour être présent dans ce registre, les services doivent présenter des garanties de qualité : nombre minimum de manométries œsophagiennes (25–50 par an), de manométries anorectales (15–20 par an) et de pH-métrie (25–50 par an) ; examens répondant aux critères de bonne pratique énoncés dans les recommandations officielles [1, 17]. Une accréditation des services d'explorations fonctionnelles digestives est ainsi réalisée dans une démarche de qualité.

Information aux patients

Les patients doivent être informés sur les modalités de réalisation des examens, au besoin par des fiches explicatives éditées par le service. Les conditions de préparation pour les examens doivent leur être expliquées oralement et par écrit, notamment en ce qui concerne la nécessité ou non d'être à jeun, la poursuite ou l'arrêt de leurs traitements habituels (inhibiteurs de pompe à protons avant une pH-métrie, par exemple). Une explication détaillée des procédures est indispensable afin d'améliorer la compliance et de rassurer les patients ; il peut en effet exister une appréhension vis-à-vis des examens pratiqués, notamment en raison de l'absence de sédation. Un consentement signé des patients n'apparaît pas indispensable compte tenu du caractère peu risqué des explorations fonctionnelles digestives.

Conclusion

Pour disposer d'une unité d'explorations fonctionnelles digestives sûre et efficace, une bonne organisation et une gestion du matériel par un personnel dédié et qualifié est obligatoire. La mise en place de protocoles pour les explorations et aussi pour les procédures de désinfection du matériel en l'absence de recommandations officielles est fortement recommandée.

L'apparition de nouveaux agents pour la désinfection et l'utilisation du matériel à usage unique qui tend à se généraliser, doit permettre une meilleure gestion du risque infectieux, en lien avec le service d'hygiène de l'établissement. L'accréditation de laboratoires par une instance nationale (société savante ?) est souhaitable à l'avenir.

Références

[1] Parkman HP, Orr WC. The gastrointestinal motility laboratory. Gastrointest Endosc Clin N Am 2009 ; 19 : 171–84, viii.

[2] Directive 93/42/CEE du Conseil du 14 juin 1993 relative aux dispositifs médicaux. Journal officiel n° L 169 du 12/07/1993; 1–43. Site Internet : admi.net/eur/loi/leg_euro/fr_393L0042.html (dernier accès le 26/03/2009).

[3] Guide pour l'entretien manuel des dispositifs médicaux en endoscopie digestive 2004. Site Internet : www.sante.gouv.fr/htm/pointsur/nosoco/endofin.pdf (dernier accès le 25/02/2009).

[4] Guide pour l'utilisation des laveurs-désinfecteurs d'endoscope 2003. Site Internet : www.sante.gouv.fr/htm/pointsur/nosoco/ide_def241103.pdf (dernier accès le 25/02/2009).

[5] Guide de bonne pratique de désinfection des dispositifs médicaux 1998. Site Internet : www.sante.gouv.fr/htm/pointsur/nosoco/12291.pdf (dernier accès le 25/02/2009).

[6] Rutala WA, Weber DJ. Disinfection and sterilization in Health Care Facilities : what clinicians need to know. Clin Infect Dis 2004 ; 39 : 702–9.

[7] Circulaire n° 138 du 14 mars 2001 relative aux précautions à observer lors de soins en vue de réduire les risques de transmission d'agents transmissibles non conventionnels. Site Internet : www.sante.gouv.fr/htm/actu/creutzfeldt_280205/fiche7.pdf (dernier accès le 25/02/2009).

[8] Takigawa T, Endo Y. Effects of glutaraldehyde exposure on human health. J Occup Health 2006 ; 48 : 75–87.

[9] Ahishali E, Uygur-Bayramiçli O, Dolapçioğlu C, Dabak R, Mengi A, Iğik A et al. Chemical colitis due to glutaraldehyde : case series and review of literature. Dig Dis Sci 2008 (in press).

[10] Alfa MJ, Olson N, DeGagne P, Jackson M. A survey of reprocessing methods, residual viable bioburden, and soil levels in patient-ready endoscopic retrograde cholangiopancreatography duodenoscopes used in canadian centers. Infect Control Hosp Epidemiol 2002 ; 23 : 198–206.

[11] Walker JT, Marsh PD. Microbial biofilm formation in DUWS and their control using disinfectants. J Dent 2007 ; 35 : 721–30.

[12] Muscarella LF. Inconsistencies in endoscope-reprocessing and infection-control guidelines : the importance of endoscope drying. Am J Gastroenterol 2006 ; 101 : 2147–54.

[13] Müller S, Gruber AC, Hoefel HH, de Barros SG. Esophageal manometry : equipment cleaning and disinfection with glutaraldehyde. Arq Gastroenterol 2001 ; 38 : 276–80.

[14] Alfa MJ, Ilnyckyj A, MacFarlane N, Preece V, Allford S, Fachnie B. Microbial overgrowth in water perfusion equipment for esophageal/rectal motility. Gastrointest Endosc 2002 ; 55 : 209–13.

[15] Boulant J, Jian R. Groupe de travail sur les recommandations pour la pratique de la manométrie œsophagienne. Recommandations pour la pratique de la manométrie oesophagienne chez l'adulte. Gastroenterol Clin Biol 1998 ; 22 : 1081–94.

[16] Picon L, Bruley des Varannes S. Groupe de travail sur les recommandations pour la pratique de la pHmétrie œsophagienne. Recommandations pour la pratique de la pHmétrie oesophagienne chez l'adulte. Gastroenterol Clin Biol 2000 ; 24 : 931–43.

[17] Parkman HP. Training in gastrointestinal motility. Dig Dis 2006 ; 24 : 221–7. A registry of GI motility laboratories for patient evaluation. Site Internet : www.motilitysociety.org/pdf/GI_Motility_Laboratories_Registry_2_11_2009.pdf (dernier accès le 25/02/2009).

Index